





Spécialisation : Animal Espace produit

Mémoire de fin d'études
Ingénieur d'AgroSup Dijon
Spécialité Agronomie

GESTION DE LA VARIABILITE GENETIQUE CHEZ LE CHEVAL DE TRAIT POITEVIN MULASSIER ET LE BAUDET DU POITOU




Clémentine BONNIN

Maître de mémoire
Hedy BEN CHEDLY

Maître de stage
Ophélie LECAMPION
Sophie DANVY

2011

REMERCIEMENTS

Je remercie **l'association Races Mulassières du Poitou**, son Président **Eric ROUSSEAUX** ainsi que mes deux maîtres de stage **Ophélie LECAMPION** et **Sophie DANVY** pour m'avoir donné l'opportunité de travailler sur ce sujet passionnant.

Je tiens à remercier tout particulièrement **Ophélie LECAMPION**, animatrice de l'association, qui m'a accompagnée tout au long de mon stage et m'a fait partager sa connaissance des races mulassières.

De même, je remercie **Sophie DANVY**, responsable du département Recherche et Innovation de l'IFCE, qui a assuré le lien avec l'INRA et l'IFCE et m'a fait part de ses conseils.

Je remercie également mon maître de mémoire **Hedy BEN CHEDLY**, enseignant chercheur à AgroSup Dijon, qui m'a guidé dans la rédaction de mon mémoire.

Je remercie également :

- **Christine BLOUIN** (INRA), **Anne RICARD** (IFCE-INRA) et **Grégoire LEROY** (AgroParisTech) qui ont réalisés les précieux calculs indispensables à mon étude.

- **Annie TREUIL** et **Annie MALAVAL** du centre administratif de l'IFCE à Pompadour qui nous ont accueillies pour la mise à jour de la base SIRE, ainsi que les agents du service des importations qui ont partagé leur bureau et **Bruno BELTZER** pour son assistance informatique.

- **Florent PIEDANNA** et **Fanny MOYSE** qui ont répondu à mes questions sur la gestion de la variabilité génétique chez le cheval de trait boulonnais et l'âne grand noir du Berry, ainsi que toutes les personnes qui ont répondu à mes nombreux e-mails.

- L'ensemble du personnel travaillant dans les locaux du CREGENE, avec qui j'ai passé cinq mois très agréables.

- L'ensemble des éleveurs que j'ai pu rencontrer, pour leur sympathie et pour m'avoir fait découvrir leurs animaux.

- **Béatrice ROBIN**, sans qui mon séjour dans le Marais poitevin n'aurait pas été si appréciable.

- Ma famille qui m'a toujours soutenue dans mes études.

SOMMAIRE

Dès le Néolithique, l'Homme a commencé à domestiquer les animaux. Depuis 10 000 ans, il a élevé et sélectionné de nombreuses espèces, canines puis ovines et caprines, bovines et enfin équines. De cette sélection sont issues les races actuelles d'animaux d'élevage. Ainsi, pendant des millénaires, l'évolution de ces populations a été contrôlée par la gestion des effectifs et le choix des meilleurs reproducteurs pour le croisement. Une forte pression de sélection a conduit, en fonction des objectifs de sélection, à l'uniformisation génétique de ces animaux au sein de quelques sous-populations.

Avec le temps, les races les moins productives ou les moins adaptées dans le contexte de l'époque ont été abandonnées au profit de quelques races dominantes. Dans les pays industriels, les évolutions récentes de la technologie et de la société ont rendus certaines d'entre elles obsolètes, diminuant les effectifs jusqu'à créer une catégorie de races dites à faible, ou très faible effectif. C'est le cas des chevaux de trait qui sont aujourd'hui menacés de disparaître.

Or, il est nécessaire de conserver ces races qui sont d'une part un élément indispensable du patrimoine naturel et culturel de notre société, et qui d'autre part constituent un réservoir génétique irremplaçable.

En France, la structure de l'élevage et l'attachement des éleveurs à leurs races locales ont pu permettre de conserver jusqu'à maintenant un certain nombre de ces races dont neuf races de chevaux de trait et sept races d'ânes. Elles font désormais l'objet d'un programme de conservation.
Parmi elles, le cheval de trait poitevin mulassier et le baudet du Poitou. Ces deux races, appelées races mulassières en raison de leur passé, sont fortement liées au territoire poitevin. Marginales, leur spécificité mulassière est devenue une faiblesse et leur élevage reste assez confidentiel. C'est pourquoi elles font parties des races équines les plus en danger. Grâce à la motivation des éleveurs, les effectifs semblent aujourd'hui stabilisés, mais une autre menace pèse sur ces populations. Descendant d'un petit nombre de reproducteurs déjà très proches génétiquement car issus d'une sélection de longue date, le cheptel actuel est sujet au problème de la consanguinité.

Afin de gérer la variabilité génétique des deux races, un plan d'accouplement a été mis en place à la fin des années 1990. Sujet à controverse, ce plan doit aujourd'hui être mis à jour, ce qui est l'objectif de ce travail.

La réflexion sera précédée d'une présentation des deux races et du plan d'accouplement, ainsi que d'une synthèse sur les méthodes de gestion de la variabilité génétique utilisées dans d'autres races et un rappel sur les différents indicateurs de la variabilité génétique. Seront ensuite évalués le taux de suivi du plan d'accouplement puis ses effets sur le niveau de consanguinité des races. L'analyse généalogique permettra également d'évaluer la cohérence des familles du plan rotatif. Enfin, à la lumière de ces éléments, un nouveau plan d'accouplement pourra être proposé.

I RACES MULASSIERES ET GESTION DE LA VARIABILITE GENETIQUE

I-1 Les races mulassières

I-1-1 Des races en reconversion

I-1-1-a Origine

Le cheval de trait poitevin mulassier et le baudet du Poitou sont tous deux, comme leurs noms l'indiquent, originaires de la région poitevine mais ont connu des évolutions différentes pour en arriver à ce qu'ils sont aujourd'hui.

Trait poitevin mulassier

La présence du cheval dans la région poitevine remonte en des temps très reculés, des ossements datant de 5500 ans avant Jésus Christ ayant été retrouvés dans plusieurs communes (Rousseaux, 2001). Le cheval de trait dit poitevin serait apparu dans le marais du Bas Poitou, où les prairies étaient autrefois inondées plusieurs mois de l'année (Rousseaux, 2001). C'est pourquoi il présente les caractéristiques d'une adaptation à ce milieu et le gabarit permis par ses ressources.

La première intervention connue de l'homme dans le façonnement de la race remonterait au XVIIème siècle, lorsque des chevaux autochtones auraient été croisés avec des animaux venus des Pays-Bas. En effet, l'ingénieur hollandais Humfroy Bradley, chargé d'assécher les marais par le roi Henry IV, importa des chevaux hollandais et flamands, dans le cadre des travaux (Rousseaux, 2008). En plus de ces mélanges, la race fut ensuite influencée par la modification du milieu engendrée par le dessèchement des marais, s'adaptant à un nouvel environnement.

Plus tard, de nombreux croisements contribuèrent à une perte d'homogénéité de la race :

- au XVIIIème siècle, utilisation d'étalons anglais et normands dans un objectif d'allègement des montures de cavalerie
- au cours du XIXème siècle, importation d'étalons picards, de type percheron ou encore boulonnais
- toujours au XIXème siècle, introduction de juments bretonnes

Ce n'est qu'en 1884 que les éleveurs, prenant conscience de la dérive de leur race et de la perte de qualité générée par ces divers croisements, créèrent un stud-book et s'attachèrent à retrouver les caractéristiques de leur race.

Baudet du Poitou

La genèse de cette race demeure à ce jour très floue. Les ânes, originaires d'Afrique, auraient gagné la Gaulle au début de l'ère chrétienne. Cependant, il existe plusieurs hypothèses quant-à l'origine du baudet du Poitou.

L’une d’elle est que ces ânes de grande taille ont été importés d’Espagne au XVIIIème siècle (Ayrault, 1867, cité par Rousseaux, 2001). Il est toutefois probable que le baudet du Poitou soit issu d’une sélection locale bien plus ancienne. En effet, la présence de tels animaux dans la région est évoquée dès le Xème siècle, puis au XVIème siècle par Rabelais (Rousseaux, 2001). Enfin, un mémoire de 1717 décrit ces animaux au physique particulier comme une race bien établie en Haut Poitou. Cette origine ancienne expliquerait la forte fixation des différents caractères de la race.

À la suite de la création du stud-book, en 1884, l’homogénéisation des caractères semble se poursuivre jusque récemment, avec par exemple la disparition des robes grises et noires au profit de la robe brune (Audiot, 1977).

I-1-1-b Standard

Les standards de ces animaux ont très peu évolué depuis la création des stud-books en 1884.

Trait poitevin mulassier (tableau 1)

Le cheval de trait poitevin mulassier se caractérise par sa grande taille, sa forte ossature, une abondance de poils et de crins et des robes variées comportant souvent une raie de mulet.

Baudet du Poitou (tableau 2)

Le baudet du Poitou se reconnaît à sa taille imposante, son poil long souvent aggloméré en cadenettes, et ses oreilles bien ouvertes. Il est toujours brun et ne présente pas de croix de Saint André .

I-1-1-c Utilisations

Les utilisations traditionnelles des équidés ont été abandonnées à l’époque de la mécanisation pour être remplacées par d’autres. Aujourd’hui, de nouvelles utilisations apparaissent encore.

Trait poitevin mulassier

À l’origine, ces animaux avaient une double utilisation :

- Comme la plupart des chevaux, et notamment les chevaux de trait, ils étaient utilisés comme force de traction. Les juments, présentes dans les exploitations, étaient des auxiliaires de l’agriculteur. Elles étaient surtout employées pour le transport, le labour étant réservé aux mules ou autres bêtes de somme plus aptes à cette tâche. Les mâles castrés, eux, étaient vendus comme carrossiers. En effet, ce cheval était apprécié pour son pas confortable et son trot relevé (Courtois, 2002).
- Mais la véritable vocation de ces animaux était la production mulassière. Les juments étaient conduites presque exclusivement au baudet, afin de donner naissance à un hybride. Les mules poitevines, cumulant les avantages de leurs deux parents

combinés à un effet d'hétérosis, étaient très recherchées aussi bien pour les travaux agricoles que pour le transport de matériel dans l'armée. La mule fut également pendant longtemps la monture traditionnelle des ecclésiastiques.

À l'époque de l'industrie mulassière, très peu d'animaux sont destinés à la reproduction en race pure, et ce sont souvent les juments qui remplissent mal au baudet qui sont saillies par des étalons de trait poitevins. En effet, la production mulassière est à l'époque un atelier des plus rentables, l'exportation de mules représentant même, dans la deuxième moitié du XIXème siècle, un volume financier capable de compenser toutes les importations de chevaux, bœufs, moutons et porcs de la France (Rousseaux, 2001).

Cependant, après la deuxième guerre mondiale, la mécanisation croissante rend obsolète l'utilisation des chevaux et des mules. Les éleveurs essaient alors d'orienter leur sélection afin de produire un animal de boucherie. Mais le cheval de trait poitevin a une croissance plus lente que les autres chevaux lourds, et son rendement de carcasse est plutôt moyen, en raison de sa forte ossature. La race est peu concurrentielle face à des animaux engraissés plus rapidement et à moindre coût. Ce débouché reste aujourd'hui plutôt marginal, même si les animaux de réforme peuvent êtres valorisés par la boucherie.

Les demandes de la société actuelle permettent aujourd'hui une multiplication des débouchés pour le cheval de trait poitevin. Un des principaux moteurs de l'essor de ces utilisations est le développement durable : protection de l'environnement, développement économique local et conservation du patrimoine impliquent un rôle important du cheval. Un autre facteur est l'importance croissante des activités touristiques et de loisir.

Ainsi, est observé un retour à certaines utilisations ancestrales du cheval de trait poitevin :

- Utilisation pour les travaux agricoles tels que le débardage ou le travail dans les vignes
- Transport de passagers
- Production de mules pour la traction et le bât.

Mais le mulassier se voit aussi confier de nouvelles missions :

- Attelage de loisir, sportif, touristique
- Introduction dans les villes pour le ramassage des ordures, l'entretien des espaces verts
- Montures de loisir ou utilisées pour le gardiennage d'espaces naturels
- Spectacles équestres
- Entretien des espaces naturels tels que les prairies du marais.

Baudet du Poitou

Autrefois, contrairement aux juments poitevines et aux ânes communs, les baudets du Poitou n'avaient pas d'autre usage que la reproduction, et surtout la production mulassière.

Les étalons étaient gardés à l'écurie en permanence, ne sortant que pour saillir les juments. En fin de saison, ils pouvaient monter les ânesses en vue de renouveler le cheptel. Les femelles n'avaient pas non plus d'autre vocation que la reproduction.

Cependant, le baudet du Poitou, du fait de sa grande taille et de sa forte charpente, a toujours été considéré comme un améliorateur pour les diverses autres races d'ânes. C'est pourquoi il était aussi utilisé en croisement, en France comme à l'étranger.

Lorsque la demande de mules s'est effondrée, le baudet est donc devenu inutile, reproduisant seulement en race pure dans le cadre d'un élevage ancestral. Des reproducteurs ont également été vendus pour le croisement, dans des régions où la traction animale reste un outil prépondérant. Un autre débouché possible à l'époque était celui des parcs et des zoos qui s'intéressent à ces animaux au physique original. De même, le baudet pouvait, déjà à l'époque, servir d'animal d'agrément.

Aujourd'hui, de même que le cheval de trait poitevin, le baudet du Poitou retrouve sa vocation mulassière dans laquelle il n'est cependant plus enfermé. En effet, de nouvelles utilisations apparaissent :

- Attelage de loisir, bât et monte
- Travaux agricoles
- Entretien des espaces publiques

Bien que moins développées que chez le cheval de trait poitevin mulassier car sans fondement historique, ces utilisations rencontrent de plus en plus de succès. Ainsi, la sélection tient de plus en plus compte des aptitudes au déplacement, jusqu'ici négligées.

Baudet du Poitou et trait poitevin mulassier sont deux races anciennes très fortement liées au passé mulassier de leur bassin d'origine. Une sélection de longue date leur a conféré des caractéristiques propres qui les démarquent des autres races d'ânes et de chevaux de trait. Cependant, ces particularités ne correspondent plus aux besoins de la société actuelle. Des efforts mènent petit à petit à une reconversion de ces équidés tout en leur conservant la spécificité qui fait leur intérêt. Malgré ce dynamisme, l'avenir des races mulassières reste tout de même incertain.

I-1-2 Des races à conserver

I-1-2-a Effectifs et localisation

Une fois amorcé le déclin de l'industrie mulassière, et malgré un regain d'activité après la seconde guerre mondiale, les effectifs des deux races ont entamé une chute qui aurait pu conduire à leur disparition. Mais le signal d'alarme tiré par Annick Audiot en 1977 (Audiot, 1977) ainsi que la mobilisation des éleveurs sont à l'origine d'une remontée qui se poursuit aujourd'hui.

Baudet du Poitou

Durant l'époque faste de la production mulassière, en 1867, pas moins de 739 animaux, 465 baudets et 274 ânesses, étaient recensés dans le seul département des Deux Sèvres. En 1957, il n'y en avait plus que 379 dans tout le Poitou, soit 150 baudets et 229 ânesses (Rousseaux, 2001).

Le déclin aurait pu se poursuivre jusqu'à l'extinction de la race puisqu'en 1977, Annick Audiot compte seulement 44 survivants, 20 mâles et 24 femelles, répartis dans 14 élevages. De 1948 à 1976, le nombre d'inscriptions au stud-book est passé de 125 à moins d'une dizaine (**figure 1**).

En 1979, un plan de sauvegarde est mis en place : en 1981 débute une opération de croisement continu d'absorption avec achat de 18 ânesses de grande taille à l'étranger. Un livre B est ouvert par le stud-book pour les animaux issus de croisements, où sont inscrites ces ânesses ainsi que leur descendance jusqu'à la 7ème génération.

Petit à petit, l'effectif commence alors à remonter, comme en témoigne l'inventaire de 1992 où sont recensés environ 180 animaux (Philippe, 1994). En 1997, le même travail recense 291 animaux en race pure (livre A) et, en 2000, le nombre d'animaux en vie s'élève à environ 320 (Bertoni, 2000). Enfin, en 2009, sont recensés 424 ânesses mises à la reproduction et 93 baudets en activité (Schraen, 2010).

D'après la base SIRE, 194 animaux sont nés en 2010. Parmi eux, 90 appartiennent au livre B (**figure 2**). Même si le plus gros des élevages se situe toujours dans le bassin d'origine de la race, les naissances sont désormais réparties dans toute la France et même à l'étranger (**figure 3**).

Trait poitevin mulassier

À l'heure de la production mulassière intensive, un nombre impressionnant de juments mulassières étaient stationnées dans la région : en 1867, plus de 50 000 juments étaient mises à la reproduction. La même année, environ 23 000 de ces reproductrices étaient recensées dans le département des Deux Sèvres.

En 1957, elles n'étaient plus que 2 214 à être saillies par le baudet. Dès 1978, il n'y a plus que 316 juments mises à la reproduction. Au total, la population des chevaux de trait poitevins passe de 12 000 en 1949 à moins de 500 en 1978 (Rousseaux, 2001). Le nombre d'inscriptions au stud-book, qui était de 70 en 1939, semble se stabiliser autour d'une vingtaine dans les années 70 (**figure 4**). Si les chiffres semblent mois dramatiques que pour le baudet, c'est que des tentatives de reconversion vers la viande ont permis le maintien d'une petite population.

Jusque dans les années 1990, le nombre de naissances reste bas. Puis les effectifs commencent à remonter : 195 animaux recensés en 1992, 232 en 1994 (Rousseaux, 1994).

Alors que 75 juments seulement étaient saillies en 1990, 120 juments reproductrices sont comptabilisées en 1997 (Biteau, 1997). En 2009, 272 juments sont mises à la reproduction et 41 étalons sont en activité (Schraen, 2010).

Selon la base SIRE, le nombre de naissances passe d'une vingtaine en 1990 à près d'une centaine en 2010 (**figure 5**). Elles sont les plus nombreuses dans le bassin d'origine de la race mais sont réparties un peu partout en France (**figure 6**).

Aujourd'hui, les deux races ne sont plus directement en danger. Elles restent cependant des races à faible effectif reconnues comme des races menacées par l'Union européenne.

I-1-2-b Menaces

Consanguinité

Du fait de la faiblesse de leurs effectifs, les races mulassières sont très concernées par le risque de diminution de la variabilité génétique. En effet, les individus apparentés ont plus de chance de se rencontrer dans une petite population. De plus, la raréfaction des animaux durant plusieurs décennies a créé des goulots d'étranglement, d'où un grand nombre d'animaux partageant des ancêtres communs.

Les accouplements consanguins sont à l'origine d'une augmentation de l'homozygotie dans la population, ce qui implique plusieurs dangers :

- Diminution de la capacité adaptative de la race avec la disparition de certains allèles
- Fixation de tares associées à des allèles récessifs
- Dépression de consanguinité avec détérioration de la viabilité et de la fertilité des animaux.

Faiblesses zootechniques

Que ce soit chez le baudet du Poitou ou chez le trait poitevin, les élevages font face à des problèmes de reproduction et de santé de leurs animaux.

En effet, sur 1611 juments mises à la reproduction entre 2004 et 2009, seulement 620 ont donné naissance à un poulain ou à un muleton encore vivant au-delà de l'allaitement (Gaillard, 2011). De même, en 2000, chez les ânesses baudet du Poitou, seulement 30% des femelles saillies ont mis bas (Grip, 2010). Ces résultats peu satisfaisants pourraient être dus, en partie, à la dépression de consanguinité. Ils seraient également liés à la conduite des reproductrices :

- Des femelles âgées qui sont toujours menées à l'étalon
- Peu d'éleveurs pratiquant le suivi gynécologique (détection des chaleurs, diagnostic et suivi de gestation …)
- Une faible utilisation des traitements hormonaux
- Des mises bas sans surveillance

- Une alimentation parfois inadaptée aux besoins des femelles en gestation ou lactation.

En ce qui concerne la santé des animaux, un problème récurrent est le phénomène dit de « pattes à jus », une pathologie se manifestant par un gonflement des membres, assimilable à un lympho-œdème et qui toucherait environ 50% de la population (Lecampion, 2010). Des recherches sont en cours sur cette pathologie qui aurait une composante génétique liée à la consanguinité. Elle représente un handicap conséquent pour la vente des animaux, aussi bien en tant que reproducteurs qu'en tant qu'animaux attelés.

Rentabilité de l'élevage

Comme tous les agriculteurs, les éleveurs de races mulassières doivent rentabiliser leur exploitation pour vivre. Or, avec l'augmentation des charges et la difficulté croissante pour trouver des acheteurs, la balance est de plus en plus difficile à équilibrer. C'est une problématique commune à l'ensemble des éleveurs de la filière équine, aussi bien pour les chevaux de trait que pour les chevaux de sport. Elle s'explique par un décalage entre l'offre et la demande. Comme pour les chevaux de sport, les acheteurs potentiels attendent des animaux « prêts à l'emploi », c'est-à-dire dressés, et ce à un prix qui ne couvre pas toujours le coût de production (Schraen, 2010). En ce qui concerne les chevaux de trait poitevins, il est d'autant plus compliqué de trouver des acheteurs que cette race est peu connue et subit la concurrence d'autres chevaux plus réputés.

Ainsi, certains éleveurs risquent d'arrêter l'élevage de ces races. Si cela se produisait à grande échelle, les effectifs chuteraient à nouveau et les races seraient encore une fois en danger.

Désengagement de l'Etat

Dans le contexte actuel, l'Etat prend de moins en moins en charge l'encadrement et le soutien de l'élevage équin.

En 2010, dans le cadre de la Révision Générale des Politiques Publiques (RGPP), les Haras Nationaux (HN) et l'Ecole Nationale d'Equitation (ENE) ont fusionné pour donner le jour à l'Institut Français du Cheval et de l'Equitation (IFCE).

La disparition des Haras Nationaux, institution créée en 1665, est déjà un bouleversement pour le monde du cheval. Mais le vrai problème pour les éleveurs est le désengagement de l'établissement public vis-à-vis des dépôts d'étalons et centres techniques.

En effet, d'ici 2014, les stations de monte, actuellement sous la responsabilité d'un organisme appelé France Haras, chargé de la gestion temporaire des missions dites concurrentielles, devront être rachetées par des gestionnaires privés qui assureront l'entretien des étalons, les saillies, l'insémination et le suivi des juments. À terme, ces établissements seraient également propriétaires de leurs étalons.

Cela implique :

- L'arrêt des achats d'étalons par France Haras d'où une perte de débouché, sachant que les gestionnaires achèteront certainement en moins grande quantité et selon des critères différents, sauf si un financement de l'Etat permet la conservation d'étalons collectifs
- La disparition de certaines stations, puisqu'à peine un tiers d'entre elles sont actuellement rentables.

En plus d'une perte de débouché pour les éleveurs, l'avenir des stations de monte est donc très incertain, et l'accès aux étalons risque de devenir problématique. En ce qui concerne les races mulassières, l'inquiétude se porte plus particulièrement sur l'Asinerie nationale du baudet du Poitou, centre technique où sont stationnés un grand nombre de baudets reproducteurs.

D'autre part, ces changements s'accompagnent également de la disparition de certains services tels que le puçage qui devrait désormais être assuré par les vétérinaires. Tout cela implique donc également un coût supplémentaire pour l'éleveur.

L'IFCE est également susceptible d'être moins présent en tant que soutien technique auprès des gestionnaires de race. Par exemple, il n'aurait plus d'agent présent comme juge sur les concours d'élevage ou lors des conseils d'administration des différentes associations.

La réforme concerne également les aides financières directes auprès des organismes de sélection et des éleveurs : l'enveloppe allouée aux primes de concours et subventions de fonctionnement pour les associations va être diminuée pour l'ensemble de la filière traits et ânes de pas moins de 40% d'ici 2012.

I-1-2-c Moyens d'action

Face à ces dangers, il est nécessaire de réagir par la mise en place de différentes actions.

Gestion des accouplements et sélection

Le raisonnement des accouplements est à la fois un moyen de maintenir la variabilité génétique et d'améliorer la race, bien que ces deux objectifs soient en théorie opposés.

Le principe de la sélection est d'accoupler entre eux les animaux qui sont les meilleurs de leur génération, c'est-à-dire ceux qui répondent le plus aux objectifs de sélection. Dans le cas des races mulassières, le choix de ces objectifs est lui-même problématique puisqu'il existe deux grandes utilisations des animaux : la production de mules et le travail (traction, bât …). La première de ces vocations implique une sélection sur les aptitudes de reproduction ainsi que le gabarit des animaux. La seconde donne une importance toute particulière aux aptitudes locomotrices et au caractère des équidés, en lien avec une utilisation de loisir.

Aujourd'hui, la sélection s'effectue sur des critères morphologiques, de façon à se rapprocher du standard idéal. Elle suit un objectif de conservation de la race. Une attention croissante est apportée aux aptitudes locomotrices des animaux mais il est difficile de quantifier ces caractères. Une grille de jugement permet d'évaluer modèles et allures mais il n'existe pas de pointage permettant l'indexation des reproducteurs, l'effectif étant trop faible pour une telle démarche. Cependant, il existe une sélection sur la voie mâle, puisque seuls les meilleurs étalons sont approuvés la monte.

La sélection devrait permettre de répondre de mieux en mieux à la demande du marché actuel. D'autre part, elle est également un moyen de combattre les problèmes de reproduction et de santé de ces équidés.

Au-delà du choix des meilleurs reproducteurs, il est intéressant de raisonner individuellement les accouplements. Par exemple, un étalon pourra compenser les défauts d'une jument. Comme les étalons sont peu nombreux et qu'ils ne sont pas indexés, cet aspect est traité de façon non formalisée : les critères de choix sont souvent empiriques (taille, ossature, poil, ou encore fertilité de l'étalon et de ses ancêtres ou collatéraux) et de celles qui sont connues de leurs parents, grands parents et collatéraux.

En ce qui concerne la lutte contre la consanguinité, une des premières actions mises en place a été le plan de sauvegarde du baudet du Poitou de 1979. Le croisement continu d'absorption, en plus d'augmenter les effectifs, a permis d'apporter du sang nouveau. Un livre B a également été ouvert pour le cheval de trait poitevin, afin de permettre l'introduction dans la race de quelques chevaux issus de croisements. Parallèlement, un plan d'accouplement est proposé aux éleveurs depuis 1998 pour les chevaux et 2001 pour les baudets (Biteau, 1997 et Bertoni, 2000). Ce schéma sert des intérêts parfois contradictoires avec les objectifs de sélection mais a pour ambition de limiter l'augmentation de la consanguinité dans les deux races.

Promotion

La promotion est essentielle pour que baudet du Poitou et trait poitevin mulassier soient connus des différents publics concernés : potentiels éleveurs, acheteurs et utilisateurs, élus locaux, grand public. Il s'agit tout d'abord de présenter les deux races ainsi que leur hybride, la mule poitevine, afin de susciter l'intérêt. La communication peut ensuite porter sur différents aspects :

- Sensibilisation par rapport à la conservation des races à faible effectif : concerner le public
- Démonstration des qualités et de l'intérêt des deux races, présentation des nouvelles utilisations et des avantages liés à leur élevage : montrer que ce ne sont pas que des pièces de musée.

Cette promotion peut s'effectuer à travers divers supports : brochures, sites Internet, démonstrations lors de concours, manifestations locales, nationales ou internationales. L'Asinerie nationale du baudet du Poitou, visitée chaque année par de nombreux touristes, est également un élément non négligeable. Des démonstrations d'utilisation sont envisagées pour les centres équestres qui pourraient acquérir des animaux. Ce type de communication peut s'effectuer en commun avec les autres races de chevaux de trait afin de relancer l'utilisation du cheval de travail dans son ensemble. Dans cette optique, des démonstrations de débardage ont permis de montrer l'intérêt des chevaux de trait pour ces chantiers.

Un volet à développer est la communication à l'étranger. En effet, mules et baudets du Poitou étaient autrefois exportés en masse pour les travaux agricoles ou l'armée. Or certains pays utilisent toujours ces animaux. C'est le cas des pays d'Amérique du Sud ou encore de l'Inde, qui constituent un marché à reconquérir.

Outre la promotion de la race en général, il est nécessaire de donner de la visibilité à chaque élevage. Un projet à l'étude est de faire fabriquer des panneaux signalant sur site les élevages de races mulassières. De même, les animaux à vendre doivent être facilement repérables pour d'éventuels acheteurs. C'est encore une des possibilités des sites Internet, notamment avec le réseau « cavalog » qui recense tous les équidés, en liaison avec la base de données nationale. Même si les rassemblements d'animaux à vendre sont encore pratiqués, la centralisation à distance de l'offre et de la demande est ce qu'il y a de plus efficace pour mettre en relation les vendeurs et les acheteurs.

Recherche

À ce jour, certains problèmes rencontrés par les races mulassières n'ont pas encore de solution. Pour tout ce qui touche aux sciences du vivant, c'est par la recherche que ces solutions arriveront. Cela concerne principalement les problèmes liés à la génétique, à la reproduction et aux pathologies :

- Insémination artificielle
- Qualité du sperme
- Conservation des semences, avec le problème de l'utilisation de sperme congelé sur les ânesses
- Transfert embryonnaire
- Synchronisation des chaleurs
- Anatomie du col de l'utérus chez l'ânesse
- Qualité du lait d'ânesse
- Effets de la consanguinité sur la fertilité
- Gestion de la variabilité génétique
- « Pattes à jus »
- Parasitisme …

La recherche, d'une manière plus détournée, concerne également les sciences humaines :

- Historiques
- Études socio-économiques sur la place des races mulassières par rapport au territoire
- Typologies des éleveurs
- Études prospectives sur l'avenir des races mulassières …

Accompagnement des éleveurs

Pour inciter les éleveurs à conserver leurs animaux et à développer leur activité, il faut leur en donner les moyens et les y encourager.

Dans un premier temps, les détenteurs d'animaux doivent être informés : conseils techniques, actualité de la recherche, état du marché et nouveaux débouchés.

Ensuite, ils doivent disposer des infrastructures et nécessaires à la production et à la valorisation des animaux :

- Stations de monte et centres d'insémination, étalonnage privé qui doivent perdurer après le retrait des Haras Nationaux, de même que les services de suivi de reproduction et d'identification des animaux
- Centres de dressage pour la valorisation des animaux, débourrage à l'attelage ou à la monte, qui façonnent des produits conformes à la demande, tels que l'Asinerie nationale du baudet du Poitou, pratiquant l'utilisation du baudet depuis 2005, ou le centre de dressage de Sainte-Radégonde-des-Noyers créé en 1998.

Enfin, dans l'optique d'encourager les éleveurs et compenser certaines charges liées à l'élevage de ces races, des aides financières doivent être mises en place. Actuellement, il existe plusieurs catégories d'encouragements financiers :

- Aides conditionnelles nationales et européennes telles que la prime « race menacée » ou encore la « prime à l'herbe »
- Aides mises en place à l'échelle des races mulassières dans le cadre d'un programme d'élevage, dont une aide au débourrage, le remboursement des frais de déplacement pour la participation à certaines manifestations, ou encore le financement du suivi de reproduction dans le cadre du programme Gènes Avenir
- Primes de concours et primes d'approbation distribuées par l'IFCE.

Une prise de conscience tardive a permis d'enrayer le déclin des races mulassières et d'empêcher leur disparition. Aujourd'hui, bien que des animaux soient présents dans toute la France, les effectifs restent très faibles. Malheureusement, un certain nombre de menaces liées à la taille de ces populations et au contexte actuel pèsent encore sur ces races qui restent donc en sursis. Cependant, des moyens d'action existent afin de gérer ces différentes problématiques et conserver les races mulassières. Pour les exploiter, une organisation collective et un soutien administratif sont nécessaires.

I-1-3 Des races encadrées

Afin d'agir à l'échelle des races mulassières, les acteurs de la filière se sont associés pour former plusieurs organismes chargés de la mise en œuvre de différentes actions. Ils sont épaulés par les institutions publiques.

I-1-3-a Stud-book

Créé en 1884, le stud-book des races mulassières a été l'un des premiers pour les chevaux de trait, avec celui du percheron en 1883, et le premier pour une race d'âne. Le stud-book n'est pas seulement un livre généalogique mais bien la manifestation d'une volonté commune des éleveurs d'organiser leur production afin de défendre leurs intérêts. Les buts en sont les suivants (Département de la Vendée, 1885, cité par Rousseaux, 2001) :

- Rechercher les types des races chevaline et asine qui donnent les mules les plus recherchées du monde entier
- Inscrire sur un registre généalogique grands baudets et chevaux mulassiers pour garantir la pureté d'origine de leur descendance
- Améliorer par des croisements raisonnés la production mulassière de race poitevine
- Assurer à cette production une plus-value sérieuse sur les marchés, et par là développer une ressource agricole.

Toujours d'actualité, le stud-book est incarné par une commission chargée de définir les conditions d'inscription au livre généalogique et d'approbation des étalons. Elle statue également sur les inscriptions à titre initial, approbations d'étalons et confirmation des femelles du livre B. Cette commission est composée de représentants des différents organismes gestionnaires des races mulassières : association nationale de race, SABAUD, Parc interrégional du Marais poitevin, Haras nationaux.

I-1-3-b SABAUD

Créée en 1988 par quelques passionnés, l'association pour la Sauvegarde du BAUDet du Poitou œuvre pour la conservation du patrimoine génétique que représente le baudet du Poitou. Association à but non lucratif, elle a racheté en 1989 un certain nombre d'animaux de race pure afin d'éviter leur exportation. Actuellement, l'association possède encore un cheptel d'une trentaine d'animaux qui constituent un réservoir génétique. Les meilleurs mâles sont conservés pour la reproduction et contribuent au renouvellement des étalons. Ils sont mis à disposition des éleveurs une fois approuvés.

Cependant, composée en grande partie de scientifiques, son principal domaine d'action est celui de la recherche. De 1992 à 1994, elle participa au recensement et à l'identification par puce électronique de tous les animaux de race baudet du Poitou. Un nouvel inventaire a été réalisé en 2002. Des recherches ont également été menées sur l'insémination artificielle

avec la naissance, en 1994, du premier fedon issu de sperme congelé. Actuellement, la SABAUD supervise une étude sur le lympho-œdème.

I-1-3-c Association nationale de race

Dès 1901, les éleveurs ont formé, en complément du stud-book, un syndicat d'élevage des animaux mulassiers du Poitou. Cette association était chargée du développement de la partie commerciale.

En 1922 est apparu un nouveau syndicat des éleveurs des races mulassière et asine de Poitou-Charente-Vendée, regroupant les différentes associations départementales de l'époque. Basée en Vendée, elle comptait parmi ses adhérents beaucoup d'éleveurs de chevaux. En 1997, cette association regroupait environ 90 éleveurs équins et asins.

En 2000, en application de la loi sur l'élevage de 1966, l'association devient UPRA (Unité de sélection et de Promotion des RAces). Elle regroupe alors non seulement les éleveurs mais cette fois l'ensemble des acteurs de la filière : utilisateurs, étalonniers, SABAUD, IFCE, Conservatoire des REssources GENEtiques (CREGENE) … Ainsi, les adhérents sont regroupés dans trois collèges : éleveurs, institutions et organismes agréés chargés de la production de semences, utilisateurs. C'est l'Association Nationale de Race (ANR) reconnue par l'État depuis 2002.

En 2010, conformément à la nouvelle loi d'orientation agricole de 2006, l'UPRA devient organisme de sélection (OS). Elle prend alors le nom de Races mulassières du Poitou. Actuellement, elle compte un peu moins de 300 adhérents situés dans toute la France et même à l'étranger (284 adhérents en 2010 dont quelques uns aux Etats Unis, en Suisse, Belgique, Allemagne, Luxembourg, Italie et Royaume Uni).

En tant qu'organisme de sélection, c'est elle qui se charge de définir les caractéristiques et les orientations des races mulassières ainsi que les programmes d'amélioration génétique, de tenir à jour les fichiers raciaux et livres généalogiques. Elle a également un rôle de promotion des races mulassières et d'interface entre les différents acteurs.

Ainsi, elle gère tout un panel d'actions réparties dans les quatre piliers de son programme d'élevage :

- Sélection : En collaboration avec le Stud-Book, l'association organise les concours d'élevage ainsi que les commissions d'approbation permettant la sélection des meilleurs reproducteurs et de gérer les inscriptions au livre généalogique dont elle est également chargée de l'édition.
  Elle gère, avec le CREGENE, la mise à jour des plans d'accouplement et le conseil aux éleveurs pour la conservation de la variabilité génétique. A l'avenir, elle sera peut-être amenée à reprendre la station de monte des Haras nationaux ainsi que la gestion des étalons nationaux.

- Recherche : Elle coordonne la recherche, en collaboration avec la SABAUD et le CREGENE. Elle gère le programme Gènes Avenir encourageant financièrement le suivi gynécologique des femelles trait poitevin.
- Valorisation, commercialisation : Elle finance le débourrage des animaux dans les centres de dressage agréés et organise des concours d'utilisation. Elle planifie des ventes et met à jour la liste des animaux à vendre, avec notamment l'utilisation d'un site Internet. Elle met en relation les acheteurs avec les éleveurs.
- Promotion, communication : Elle anime un site Internet pour l'information des adhérents mais aussi du grand public. Pour la communication interne, elle publie un bulletin de liaison. Enfin, elle participe à différents évènements tels que le Salon de l'Agriculture ou le Salon du Cheval, ainsi qu'à des manifestations plus locales et édite une plaquette d'information sur les races mulassières à destination du grand public.

I-1-3-d CREGENE, Parc interrégional et Conseil général de Charente Maritime

Le Parc interrégional du Marais poitevin, créé en 1997 et prenant la suite de l'ancien parc naturel régional de 1979, est un organisme dédié à la protection du patrimoine naturel et culturel du territoire.

En 1990, il a participé au rachat d'un des derniers troupeaux de baudets du Poitou afin d'en éviter l'exportation. Il est également chargé de la gestion du cheptel en croisement d'absorption, logé à l'Asinerie nationale du baudet du Poitou.

Cette ancienne ferme du XVIIIème siècle a été rachetée en 1992 par le Conseil général de Charente Maritime, le troupeau qu'elle abritait appartenant désormais à la SABAUD (ces animaux ne sont plus présents sur le site) et au Parc. Le Conseil général est également chargé de la partie touristique et du pôle utilisation de l'Asinerie.

Depuis 1999, le Parc intervient dans la conservation du patrimoine végétal et animal domestique du Marais poitevin par l'intermédiaire du CREGENE. Cet organisme fédère les différentes associations pour la sauvegarde et le développement des races animales et variétés locales. Il apporte à l'UPRA et à la SABAUD un appui administratif, financier et technique. Il est également chargé de promouvoir les races et variétés locales. Enfin, il gère le troupeau de baudets en croisement d'absorption appartenant au Parc interrégional.

I-1-3-c IFCE, France Trait et FNAM

L'IFCE est l'opérateur public des filières équine et asine en France. Il gère l'identification et le fichier central de tous les équidés, initie et finance des programmes de recherche en collaboration avec l'INRA, les chambres d'agricultures et l'Institut de l'élevage. Ainsi, l'IFCE finance cette année plusieurs stagiaires travaillant par exemple sur le colostrum des ânesses du Poitou ou encore sur la variabilité génétique des races mulassières. En effet, une de ses missions est également de veille à la conservation des races ainsi qu'à l'amélioration génétique et des performances. Dans ce but, il propose aux éleveurs différents services

payants comme l'accès à des informations sur la généalogie et les indices de performance des animaux. Actuellement, il est question de développer un outil de raisonnement des accouplements destinés aux races à faible effectif qui donnerait gratuitement aux éleveurs le coefficient de consanguinité d'un produit hypothétique. Dans un contexte de soutien à la filière, l'IFCE distribue les aides gouvernementales telles que les primes de concours dont bénéficient les races mulassières.

Au sein de la filière équine, les chevaux de trait et les ânes ont cependant une place marginale. Afin de défendre leurs intérêts, les neuf associations nationales de races de chevaux de trait se sont regroupées en une association créée en 2004 : France Trait. Cette association représente les éleveurs de chevaux de trait auprès des institutions. Elle a par exemple réussi à rehausser le montant des financements prévus par le gouvernement pour les chevaux de trait et notamment pour les races à faible effectif. Elle coordonne également des actions de promotion du cheval de trait, avec par exemple la publication d'une plaquette mettant en garde le public contre le risque de disparition de ces animaux. Elle œuvre enfin pour le développement de la filière dans son ensemble. En ce qui concerne les ânes, les différentes associations nationales de races sont représentées par la FNAM ou Fédération Nationale Âne et Mulet.

L'avenir des races mulassières dépend donc d'un ensemble d'organismes publics ou privés qui agissent en partenariat pour leur conservation et leur développement. La plupart des missions sont assurées par l'association nationale de race qui est aussi l'organisme de sélection des races mulassières.

Le trait poitevin mulassier et le baudet du Poitou sont issus d'une sélection très ancienne liée à la production mulassière. Leur faible effectif accentue aujourd'hui les risques liés à la consanguinité. Conscients de cette menace, les organismes chargés de la gestion de ces deux races ont mis en place un plan d'accouplement destiné à limiter la consanguinité au sein de ces deux populations.

I-2 Le Plan d'accouplement

Le premier plan d'accouplement pour les races mulassières a été développé en 1997 par Benoît Biteau (Biteau, 1997), dans le but de lutter contre la consanguinité et la dérive génétique. Mis en application dès 1998, ce plan concernait uniquement le cheval de trait poitevin mulassier. En 2000, la même démarche a été appliquée au baudet du Poitou : le plan élaboré par Christine Bertoni a été proposé aux en éleveurs en 2001 (Bertoni, 2000).

I-2-1 Description

I-2-1-a Principe

Le plan mis en place repose sur le principe d'un schéma rotatif. Cette méthode, développée en France par l'INRA dès 1976, est celle qui semble de prime abord la mieux adaptée à la conservation des races à faible effectif. Elle s'appuie sur les principes définis par De Rochambeau dès 1983 :

- Le partage de la population en groupes de reproduction d'effectifs équivalents, chaque individu étant idéalement remplacé par un unique descendant de même sexe.
- Un nombre de reproducteurs mâles le plus élevé possible par rapport au nombre de femelles, (l'idéal étant la monogamie) associé à un renouvellement rapide.
- La circulation des reproducteurs mâles entre les groupes de reproduction.

Le plan rotatif s'élabore à partir de 7 à 15 familles d'effectif sensiblement égal pour chaque sexe. Ces familles sont disposées sur deux cercles concentriques, l'un portant les familles de mâles et l'autre les familles de femelles. La rotation de l'un des deux cercles définit les accouplements entre familles.

I-2-1-b Élaboration

Le travail effectué lors de la création des deux plans a donc été de :

- Créer des familles d'étalons regroupant ceux qui sont les plus apparentés entre eux tout en veillant à l'homogénéité de taille des familles, avec une prise en compte de la situation géographique pour le baudet du Poitou, qui possède des représentants à la généalogie bien distincte regroupés à l'étranger
- Répartir les femelles reproductrices dans ces familles selon leur lien de parenté avec les différents étalons et avec les ancêtres de ces derniers, toujours en veillant à l'homogénéité des effectifs
- Définir la position des familles sur le cercle et les règles de rencontre des différentes familles de mâles et de femelles
- Définir des règles pour le renouvellement des reproducteurs
- Anticiper les problèmes de mise en application et prévoir des solutions.

En 2006, la présentation du plan d'accouplement aux éleveurs a été revue pour une meilleure lisibilité. Un problème d'erreurs et de mise à jour des animaux morts a été mis en évidence et corrigé (Bremondy, 2006).

I-2-1-c Caractéristiques et fonctionnement

Familles

Deux séries de familles ont été construites : 7 familles de chevaux (**tableau 3**, d'après Races Mulassières du Poitou, 2011 a) et 6 familles d'ânes (**tableau 4**, d'après Races Mulassières du Poitou, 2011 b), portant chacune le nom d'un étalon.

Disposition et rotation

Les familles de mâles sont disposées sur le cercle externe et les familles de femelles sur le cercle interne qui est mobile. L'ordre est le même sur chacun des deux cercles, les familles les plus proches génétiquement étant les plus éloignées entre elles (**figure 7**).

Tous les trois ans, le cercle des femelles effectue une rotation d'un cran dans le sens des aiguilles d'une montre.

Renouvellement des reproducteurs

Une fois approuvé, un jeune étalon est affecté à la famille de son père. De même, les juments et ânesses sont ajoutées dans la famille de leur mère. En cas d'inscription à titre initiale, les femelles sont associées à la famille la plus éloignée de celle de leur père.

Application

Chaque année, l'association Races mulassières du Poitou et le CREGENE mettent à jour la liste des animaux de chaque famille. Les étalons nouvellement approuvés et les jeunes femelles sont ajoutés, les animaux morts supprimés. Ces listes sont ensuite éditées, accompagnées d'une notice et d'une représentation visuelle de la position des familles. Le cas échéant, le cercle des femelles est tourné d'un cran sur le schéma. Ainsi, tous les propriétaires de femelles adhérents à l'association reçoivent un document leur permettant de choisir un étalon de la famille adéquate (Races Mulassières du Poitou, 2011 a et b). Les adhérents peuvent également contacter l'association pour demander conseil.

Les plans d'accouplement élaborés pour le cheval de trait poitevin mulassier et le baudet du Poitou sont des outils simples à mettre en œuvre. Ils nécessitent relativement peu de travail de mise à jour et peuvent tourner pendant de nombreuses années.

I-2-2 Effets attendus

S'il est suivi par l'ensemble des éleveurs, ce plan permet d'éviter au maximum la consanguinité proche et de réaliser un brassage des gènes favorisant l'hétérozygotie. Il introduit également la notion de variabilité génétique dans les règles de décision pour la sélection des animaux.

I-2-2-a Lutte contre la consanguinité

Si le plan est suivi, les accouplements consanguins sont impossibles puisqu'une jument ou une ânesse est généralement mise à la reproduction pour la première fois à 3 ans et est rarement saillie après 20 ans. La durée de chaque position empêche donc qu'une femelle soit saillie par son père. La plupart du temps, le père, les fils d'un étalon sont dans la même famille que lui, une femelle ne peut donc pas non plus s'accoupler avec son frère ou son grand-père, ni avec son oncle ou son cousin. Ce procédé est donc un moyen d'empêcher l'augmentation de l'homozygotie. Il présente l'avantage d'être simple pour les éleveurs qui ne sont pas obligés de reprendre la généalogie de chaque femelle pour éviter les accouplements consanguins.

I-2-2-b Brassage génétique

Ce système permet de constituer des groupes de reproduction bien distincts et intérieurement homogènes génétiquement puis de les faire se rencontrer entre eux. En 2018, 21 ans après la mise en place du plan pour les chevaux, 18 ans après pour les baudets, chaque groupe aura rencontré tous les autres. Ainsi, des gènes de chaque famille de départ seront présents dans tous les groupes d'animaux. L'objectif de brassage sera alors atteint. Cela devrait permettre de limiter les pertes d'allèles.

I-2-2-c Sensibilisation

Au-delà des conséquences directes liées à l'application du schéma rotatif, la mise en place d'un tel plan implique une prise de conscience par les propriétaires d'animaux. Elle met l'accent sur l'importance du maintien de la variabilité génétique pour l'avenir des races mulassières et sur le rôle à jouer par les naisseurs.

L'application de ce plan devrait permettre le maintien d'une variabilité génétique correcte et limiter l'augmentation de la consanguinité.

I-2-3 Limites

I-2-3-a Limites inhérentes au plan

Le schéma rotatif est une méthode simplifiée pour la gestion de la variabilité génétique d'une race au niveau national. C'est une modélisation qui ne peut être parfaite et présente quelques lacunes.

Lutte contre la consanguinité et diversité génétique

Les familles et le plan rotatif permettent essentiellement d'écarter les accouplements consanguins. Cependant, cela n'est pas suffisant pour conserver les allèles rares qui sont portés par quelques individus seulement.

En effet, même si certains animaux sont génétiquement originaux, ils sont inclus dans une famille et peuvent ne jamais se reproduire car peu représentatifs de la race et donc moins prisés par les éleveurs. Il y a donc un risque de perte de diversité génétique. De même, afin de respecter l'équilibre numérique, des groupes d'individus généalogiquement bien distincts ont été regroupés dans une seule et même famille. L'une de ces sous-familles peut alors disparaitre sans que cela ne soit remarqué. Le même problème se pose avec des familles dans lesquelles moins d'étalons sont approuvés car ne correspondant pas toujours au standard. C'est le cas de la famille LICK (**tableau 3**), chez le trait poitevin, qui n'a plus que 2 représentants mâles approuvés, alors que la famille PREMIER MAI en a 11. La variabilité génétique s'accompagne d'une variabilité génotypique qui met en opposition sa conservation avec les objectifs de sélection de la race, ce qui conduit à des évolutions inégales des différentes familles. Or le plan ne peut fonctionner que si l'équilibre numérique est respecté. En effet, deux étalons ne peuvent saillir le même nombre de juments que dix étalons.

L'impératif d'homogénéisation des effectifs a également créé des incohérences dès le départ : animaux très apparentés (voire même un père et son fils) affectés à des familles différentes pour cause d'impossibilité géographique (cas des baudets à l'étranger), animaux associés à une famille dont le nom n'a aucun rapport avec leur généalogie. Cela pose problème à la fois pour la justesse du plan et pour son image auprès des éleveurs.

Difficultés d'application pour les éleveurs

Le fonctionnement du plan suppose que des étalons de chaque famille soient accessibles à tous les éleveurs puisque la famille de mâles à associer à une femelle donnée change tous les trois ans et qu'un éleveur peut faire saillir une même femelle jusqu'à ses 15 ou 20 ans. Or, les mâles reproducteurs sont peu nombreux et dispersés géographiquement. Cela implique donc pour les propriétaires de juments et ânesses des contraintes de déplacement. En effet, l'insémination artificielle est peu utilisée chez le trait poitevin et le baudet du Poitou. Pour le baudet, elle n'est réalisable qu'avec de la semence fraîche. C'est une technique peu ancrée dans les mœurs et il reste difficile de prélever et stocker de la semence en l'absence de structures adéquates. Actuellement, l'Asinerie nationale du baudet du Poitou regroupe sur un même site les six familles d'étalons baudets, mais cela risque de changer avec la réforme des Haras Nationaux.

D'autre part, le nombre restreint d'étalons laisse peu de choix à l'éleveur et limite fortement les possibilités de sélection. Parmi les animaux appartenant à une même famille, il n'est pas toujours possible de trouver un animal améliorateur pour le critère désiré. Cette contrainte est d'autant plus problématique que les objectifs de sélection sont variés. De plus, chaque position ayant une durée de trois ans, un éleveur pourra être obligé de réaliser le même croisement trois ans de suite, ce qui ne génère pas beaucoup de variabilité et augmente le risque de croisements consanguins à l'avenir.

Le plan est d'autant plus difficile à appliquer pour les propriétaires d'animaux hors berceau, et en particulier à l'étranger, malgré l'effort qui a été fait lors de la constitution des familles.

I-2-3-b Limites par rapport à la théorie

Dans leurs travaux de 1997 (Biteau, 1997) et 2000 (Bertoni, 2000), les auteurs du plan d'accouplement avaient pris soin de lister un ensemble de mesures permettant le bon fonctionnement du plan. Cependant, certains points n'ont pu être appliqués.

Renouvellement des reproducteurs

Lors de la création du plan pour le cheval de trait poitevin mulassier, l'auteur souligne la nécessité de surveiller l'évolution des familles et de réagir aux éventuels problèmes d'inégalité numérique. Il suggère notamment :

- De favoriser l'approbation d'étalons dans les familles en danger de disparition, tout en gardant à l'esprit l'amélioration de la race
- Que les Haras Nationaux gèrent leurs achats d'étalons en fonction du renouvellement des familles
- D'affecter les étalons non pas automatiquement dans la famille de leur père mais de prendre en compte leur parenté avec les autres étalons et les besoins de chaque famille
- De réguler le nombre d'animaux en choisissant la production d'un poulain ou d'un muleton selon la situation de la famille.

Ces différentes mesures nécessitent l'engagement de plusieurs acteurs ainsi qu'une importante charge de travail pour la personne chargée de leur coordination et de l'affectation des animaux. Ce fonctionnement est d'autant plus compliqué aujourd'hui que les Haras Nationaux ne sont plus là pour acheter des étalons. Il est possible que l'ANR soit à même de reprendre l'achat d'étalons pour le collectif mais rien n'est encore sûr.

D'autre part, l'approbation d'étalons en fonction de leur appartenance à une famille peut être sujette à controverse car parfois en contradiction avec les objectifs de sélection. Des efforts ont été mis en œuvre pour le renouvellement de certaines familles avec l'approbation de mâles appartenant par exemple à la famille LICK chez les traits poitevins mais cela ne peut être fait systématiquement.

C'est pourquoi ces mesures n'ont pu être appliquées intégralement.

Motivation des éleveurs

Dans les deux projets de plan d'accouplement, il a été mis en évidence des difficultés d'application. Pour aider les éleveurs et compenser l'effort lié au respect du plan, les auteurs proposaient la création d'une aide financière semblable à celle accordée pour le débourrage des animaux. Un tel encouragement permettrait à la fois d'inciter les éleveurs à respecter le

plan, à garder des mâles de certaines familles et à utiliser plus massivement l'insémination artificielle. Cette aide devrait être distribuée par l'association Races mulassières du Poitou, mais celle-ci n'ayant guère de fonds à disposition, l'idée n'a pas été adoptée.

L'auteur du plan pour le baudet du Poitou remarque également que l'exemple doit être montré par le Parc et la SABAUD. Or ce n'est pas le cas, car les gestionnaires du cheptel ne considèrent pas le plan d'accouplement comme la méthode la plus pertinente et utilisent d'autres moyens pour gérer la variabilité génétique.

Connaissance de la population reproductrice

Il est également fait allusion à la nécessité de tenir à jour les différents inventaires de la population. Aujourd'hui, il reste un point faible du côté de la déclaration des animaux morts. En effet, les organismes en charge de la mise à jour du plan ne sont pas toujours informés du décès de certains équidés, surtout en ce qui concerne les femelles, qui ne sont donc pas éliminées du plan. Cela donne une mauvaise image du plan qui peut être considéré comme dépassé, et peut induire en erreur quant aux effectifs de chaque famille. L'auteur du plan pour les baudets suggère d'instaurer une cotisation à l'ANR proportionnelle au nombre d'animaux, ce qui inciterait les adhérents à mettre à jour les informations concernant leur élevage.

Le plan d'accouplement mis en place comporte quelques faiblesses liées à la complexité de la génétique des populations, opposée à un contexte peu souple nécessitant de nombreuses simplifications. Il n'est donc pas évident que ce plan puisse être suivi et avoir tous les effets positifs prévus par la théorie.

I-2-4 Situation actuelle

I-2-4-a Un cercle vicieux lié aux failles du plan

Les problèmes d'application du plan ont engendré des erreurs et accentué les approximations dues à la constitution des familles.

En effet, si le plan n'est pas respecté par un éleveur, les femelles issues de son élevage sont machinalement affectées dans la famille de leur mère, comme si le plan avait été respecté. Il y a alors un risque de les retrouver, à la prochaine rotation, accouplées à un étalon dans la famille duquel se trouvent leur propre père et plus proches parents. Si le plan est suivi aveuglément, il y aura alors un risque de créer des accouplements consanguins. Pour remédier à ce problème, les gestionnaires du plan doivent parfois affecter les juments ou ânesses dans une autre famille que celle de leur mère, ce qui a été appliqué de 2006 à 2009. Il faut alors faire attention, lors de l'accouplement de ces femelles, à leur ascendance et à celle des différents étalons. Le plan perd alors sa pertinence.

Ainsi, les propriétaires d'animaux peuvent constater que le plan n'est pas tout à fait fiable. Il est alors souvent considéré comme totalement faux, et est encore moins suivi, ce qui entraîne de nouveaux problèmes de fonctionnement.

I-2-4-b Un plan remis en question

Quelques années après la mise en place du plan d'accouplement, des taux de suivi moins élevés ont commencé à être observés. En 2006, suite au constat d'un faible taux de suivi et à des remarques négatives de certains adhérents, une nouvelle étude a été lancée dans le but d'améliorer le plan d'accouplement (Bremondy, 2006). Ce travail a mis en évidence les différentes limites du plan tout en proposant des améliorations. C'est ainsi que le document fourni aux éleveurs a été modifié, et que la mise-à-jour des listings a été initiée. Mais les conclusions de l'étude ne s'arrêtaient pas là, l'auteur en venant finalement à se demander s'il était « nécessaire de conserver le plan d'accouplement ». De nouvelles idées telles que la prise en charge du prélèvement et de la congélation des semences par les Haras Nationaux ont été proposées, et la réflexion sur le fait d'approuver plus d'étalons dans les familles en déclin et donner des primes pour le respect du plan d'accouplement a été relancée. L'idée d'un label dont le cahier des charges inclurait le respect du plan a également fait son apparition. Finalement, il a été envisagé de reprendre le plan à zéro, avec la constitution de nouvelles familles, mais cela ne semblait pas judicieux puisqu' «il n'y a aucune raison pour que les plans d'accouplement soient plus utilisés après une remise à jour totale ». Il a alors été préconisé de mettre en place une gestion de la variabilité génétique basée surtout sur la généalogie ou les calculs de parenté, avec des étalons déconseillés pour les femelles de chaque famille.

L'ANR et le CREGENE ont conscience depuis déjà plusieurs années que le plan d'accouplement actuel ne permet pas une application optimale.

Il devient désormais urgent de réfléchir à la mise à jour de cet outil.

I-3 Méthodes 'évaluation et de gestion de la variabilité génétique

I-3-1 Notions théoriques sur l'analyse généalogique

Il existe de nombreux indicateurs permettant d'évaluer la variabilité génétique d'une population ainsi que son niveau de consanguinité.

I-3-1-a Connaissance des généalogies

Toute analyse généalogique sera plus ou moins pertinente en fonction du degré de connaissance généalogique. Pour quantifier cette connaissance, il est possible de calculer le nombre équivalent de générations connues EqG. Ce dernier s'obtient grâce à la proportion d'ancêtre connus pour chaque rang d'ascendance. Même si un même EqG peut

correspondre à des situations très différentes en fonction de la structure de la connaissance généalogique, un EqG élevé sera considéré comme signe d'une meilleure connaissance de la généalogie et permettra une meilleure précision des différents indicateurs de la variabilité génétique. Le calcul peut cependant être complété par une étude de la proportion d'ancêtres connus en fonction des générations.

Soient n le rang d'ascendance considéré (n=1 pour un parent, n=2 pour un grand-parent, et ainsi de suite) et x_n le nombre d'ancêtres connus pour ce rang d'ascendance n, le calcul s'écrit :

$EqG = \sum_n(x_n(1/2)^n)$

I-3-1-b Intervalle de génération

C'est l'âge moyen d'un individu à la naissance de ses descendants utilisés comme reproducteurs (pris à mi chemin entre la naissance du premier produit et la naissance du dernier produit). L'intervalle de génération T donne la vitesse d'évolution du progrès génétique et de la consanguinité.

I-3-1-c Probabilité d'identité

Une façon d'aborder la variabilité génétique d'une population est le calcul d'indicateurs liés à la probabilité d'identité : c'est l'étude des coefficients de consanguinité et de parenté. Ces indicateurs reposent sur la théorie de la transmission des gènes puisqu'ils s'intéressent à la probabilité d'identité par descendance des gènes (deux allèles étant identiques par descendance s'ils sont issus de la duplication d'un même allèle ancestral) :

- Le coefficient de consanguinité d'un individu est la probabilité de trouver en un locus quelconque de son génome deux gènes homologues identiques par descendance.
- Le coefficient de parenté de deux individus est la probabilité que deux gènes homologues tirés au hasard chez chacun de ces deux individus soient identiques par descendance.

Le coefficient de consanguinité F d'un individu est donc égal au coefficient de parenté Φ de ses deux parents. Il est calculé de la manière suivante (Malécot, 1948) :

$F = \Phi = \sum_A(1/2)^n(1+F_A)$

Avec :
A un ancêtre commun aux deux parents, F_A le coefficient de consanguinité de A et n le nombre d'ancêtres qui permettent de faire, en passant par A, la « chaîne » entre les deux parents (ces derniers inclus).

Un taux de consanguinité supérieur à 6 % commence à être inquiétant. En effet, il correspondrait à un accouplement entre cousins germains (**tableau 5**). Cependant, il ne faut pas oublier que la consanguinité ne se transmet pas.

Il est également possible d'étudier le taux d'accroissement de la consanguinité ΔF, généralement considéré comme un indicateur plus pertinent permettant d'effectuer des comparaisons entre races, par exemple.

Soit t une unité de temps (année, intervalle de génération …), le calcul s'écrit :

$\Delta F = (F_t - F_{t-1})/(1 - F_{t-1})$

Au cours du temps, le coefficient de consanguinité moyen d'une population augmente nécessairement : c'est la dérive génétique.

I-3-1-d Probabilité d'origine

Cette approche s'appuie sur la notion d'ancêtre. Il faut distinguer :

- Les fondateurs, qui sont tous les individus de la population dont les parents ne sont pas connus et qui sont supposés non apparentés entre eux.
- Les ancêtres majeurs, qui sont les ancêtres ayant le plus contribué au génome actuel de la population. Ils sont détectés grâce à une méthode itérative (Boichard et al, 1997).

Afin de déterminer le nombre de fondateurs ou d'ancêtres efficaces, c'est-à-dire ceux qui sont à l'origine de la variabilité actuelle, il est nécessaire de s'intéresser à leur contribution génétique.

Soit i un fondateur de la population, j un ancêtre majeur et k un ancêtre quelconque.

- La contribution génétique brute p_k d'un ancêtre k, fondateur ou non, est la probabilité qu'un gène pris au hasard chez un individu provienne de cet ancêtre.
- Sa contribution génétique marginale q_k est sa contribution attendue indépendamment des autres ancêtres.

Si l'ensemble des ancêtres est pris en compte : $\sum_k p_k > 1$, $\sum_j p_j > 1$ et $\sum_i p_i = \sum_i q_i = \sum_j q_j = \sum_k q_k = 1$.

Le nombre de fondateurs efficaces f_e et le nombre d'ancêtres efficaces f_a sont calculés à l'aide des formules suivantes :

$f_e = 1/\sum_i (p_i)^2$ et $f_a = 1/\sum_j (q_j)^2$

Contrairement à f_e, f_a permet de prendre en compte les goulets d'étranglement dans les généalogies.

Enfin, il est possible de calculer le nombre de génomes équivalent N_g, qui tient compte de la dérive génétique et de la disparition d'allèles.

$N_g = 1/2\sum_{m=1:2f} r_m^2$

Avec :
f le nombre total de fondateurs et r_m la probabilité pour le gène m d'un fondateur d'être toujours présent dans la population étudiée.

Les valeurs de f, f_e, f_a et N_g sont représentatives de la diversité génétique de la population.

I-3-1-e Taille efficace de la population

La taille efficace de la population correspond à la taille de population pour laquelle, si tous les gènes étaient transmis aléatoirement, le taux d'accroissement de la consanguinité obtenu serait le même que celui observé dans la population étudiée. Plusieurs formules sont utilisées :

- $N_e = 4(N_m*N_f)/(N_m+N_f)$ où N_m et N_f sont les nombres de reproducteurs mâles et femelles
- $N_e = 1/2\Delta F$ où ΔF est le taux d'accroissement de la consanguinité entre deux générations

En général, une taille efficace de la population inférieure à 50 est considérée comme problématique pour l'avenir de la race.

I-3-2 Gestion de la variabilité génétique des animaux d'élevage

I-3-2-a Plans rotatifs

Des plans d'accouplement rotatifs semblables à celui des races mulassières ont été mis en place dans plusieurs races, dont certaines l'utilisent encore actuellement.

Cas de la vache vosgienne

Un cadran de 12 à 13 familles est utilisé depuis 1977 (Lauvie, 2007). En complément, des recommandations sont faites pour chaque mâle afin d'éviter la consanguinité (OS Race bovine vosgienne, 2011).

Cas de la brebis solognote

Le programme de conservation mis en place en 1975 comprend la répartition des animaux dans 11 familles, sur la base des coefficients de parenté. Un bilan sur l'année 1990 met en évidence que seulement 50% des brebis sont accouplées selon le plan (Verrier, 1992). Ce taux de respect relativement faible a entraîné une évolution inégale des effectifs des différentes familles, conduisant à un remodelage en 1982. La création d'un centre d'élevage

de béliers en 1979 n'a pas réglé ce problème (Verrier, 1992). Il apparaît cependant que le plan rotatif a permis de réduire la consanguinité des femelles ainsi que la fréquence des accouplements très consanguins (Verrier, 1992).

Cas de la race ovine mérinos précoce

Mis en place plus tardivement que celui de la brebis solognote, le schéma rotatif de cette autre race ovine a tenu compte des difficultés d'application précédemment constatées : les familles ont été construites non pas d'après les parentés mais en fonction de groupes d'élevages (Djellali et al., 1994). Cependant, il existe des difficultés supplémentaires liées au très faible effectif de la race qui nécessite des exceptions. En 1998, il ne restait qu'un éleveur dans le berceau de race, d'où interruption du programme (Lauvie, 2007).

Cas de la vache bretonne pie noire

Le programme de conservation de cette race bovine a été mis en place dès 1976. 8 familles de mâles correspondant à 8 familles de femelles ont été constituées en fonction de la parenté des animaux entre eux. Une simulation a été réalisée en 2002 qui montre que le plan rotatif, considéré comme trop rigide, aurait conduit en 2030 à un coefficient de consanguinité d'environ 10%. Un nouveau plan, présenté plus loin, a donc été étudié, qui ramènerait à 5% cette estimation (Colleau et al., 2002).

Cas du cheval de trait boulonnais

Au début des années 90, un plan d'accouplement rotatif a été mis au point pour cette race, très concernée par les problèmes de consanguinité. 5 familles ont été créées d'après les coefficients de parenté, et en tenant compte de la localisation géographique des étalons (Tellier et al., 1993). Cependant, un faible taux de suivi a été constaté, ce principalement en raison d'un choix limité d'étalons (Verrier et al., 2005). Ainsi, le plan a été abandonné et remplacé au début des années 2000 par une méthode de gestion plus souple, présentée plus loin.

I-3-2-b Méthodes dites « souples »

Ces méthodes se disent reposer sur une plus grande liberté de l'éleveur dans ses choix d'accouplement. Contrairement aux plans rotatifs, elles ne reposent pas sur l'adhésion de l'ensemble des éleveurs.

Cas de certaines races ovines

Chez les ovins, il est possible de choisir les mâles convenant le mieux à un groupe de femelles donné. Par exemple, le logiciel SAUVAGE (Raoul et al., 2004) permet de classer les béliers en plusieurs catégories selon leur parenté avec les femelles d'un troupeau. Une méthode semblable est utilisée notamment pour la race ovine grivette, en complément d'un système de familles (Chavrot et al., 1995).

Dans le cas où l'information génétique n'est pas disponible, un indice de proximité entre un bélier et les femelles d'un élevage est calculé grâce à une modélisation des échanges entre élevages (De Rochambeau et Perrin, 2000).

Cas de l'élevage porcin

Dans les populations collectives porcines en élevage de sélection, depuis 2005, des bilans renseignent chaque éleveur sur l'évolution de la consanguinité moyenne de ses femelles. De plus, un outil a été développé qui oriente les éleveurs vers l'utilisation de mâles originaux : les Notes d'Intérêt Génétique ou NIG calculées à partir de la consanguinité moyenne de la population et de la parenté moyenne de chaque verrat avec la population des autres mâles reproducteurs (NIGm) ou des femelles en activité (NIGf) (Delaunay et Merour, 2006).

Cas de l'âne grand noir du Berry

Pour cette race, une nouvelle méthode a été proposée en 2007. Elle repose sur le classement des animaux reproducteurs, mâles et femelles, selon leur originalité génétique grâce au calcul de leur parenté avec les ancêtres majeurs d'une population de référence et permet d'apparier les femelles les moins originales avec les mâles les plus originaux et inversement (Moyse, 2007). La parenté entre les animaux à accoupler est également prise en compte, et les baudets ayant beaucoup produit peuvent être retirés de la monte afin de limiter leur descendance.

Cette démarche est encore trop récente pour que son efficacité ait pu être évaluée mais, à dire d'expert, la consanguinité serait dorénavant stabilisée et l'organisme de sélection serait globalement satisfait de la méthode. Le taux de suivi n'a pas non plus été déterminé à ce jour.

Retour sur le cas du cheval de trait boulonnais

L'objectif pour cette race est de conserver les différentes lignées de chevaux. Afin d'inciter les éleveurs à accoupler leurs bonnes juments à des mâles de lignées « originales », il a été décidé de financer 20 saillies par an pour les meilleures juments accouplées à des mâles « originaux » (Espaces naturels régionaux, 2010). Cette mesure ayant manqué d'efficacité, il a été choisi en 2011 d'ouvrir le programme à toutes les juments aux origines intéressantes et d'accorder la prime aux éleveurs des 20 meilleurs poulains issus de ces accouplements, selon leurs résultats aux concours d'élevage.

Cas du poney landais

Le plan de sauvegarde et de développement de cette race équine comporte toute une série d'incitations financières permettant une meilleure gestion de la variabilité génétique de la race : aide à l'utilisation de semence congelée d'étalons permettant d'élargir le choix des reproducteurs, aide à la conservation de poulains mâles pour augmenter le nombre de reproducteurs, aide à l'accouplement raisonné encourageant les accouplements de poneys

non apparentés sur au moins 3 générations. Ces aides sont procurées par les Haras nationaux et le Conseil général des Landes (Association Nationale Poney Landais, 2010).

I-3-2-c Nouvelles méthodes

Ces dernières années, la recherche s'est tournée vers de nouvelles méthodes plus en adéquation avec l'augmentation du progrès génétique mais qui sont également intéressantes pour les races en conservation et en développement. Des méthodes concernant les populations non sélectionnées on été développées grâce aux mêmes méthodes.

Retour sur le cas de la bretonne pie noire

Dans cette race, le schéma rotatif a été abandonné au profit d'une méthode dite de parenté moyenne. Il s'agit en fait de minimiser la parenté moyenne de la population en calculant la parenté des couples 2 à 2, avec un algorithme itératif qui sélectionne par permutation un taureau pour chaque vache. Deux autres points sont considérés : le choix de mères à taureaux possédant des gènes rares et la maximisation du nombre de taureaux disponibles. Il a été montré que cette méthode induisait un taux annuel d'accroissement de la consanguinité inférieur à celui associé au schéma rotatif (Colleau et al., 2002).

Etudes sur les races bovines laitières

Une méthode moderne a été testée théoriquement chez les bovins laitiers : la gestion optimisée de groupe. Il s'agit en fait d'une version plus aboutie de la méthode de parenté moyenne, l'Index Synthétique Upra (ISU) moyen des produits étant fixé. Un algorithme complexe permet d'obtenir les différents accouplements entre mères et pères à taureaux et les taux d'utilisation optimaux des différents taureaux d'insémination. Pour l'ensemble des vaches et génisses à la reproduction, des groupes de femelles de même père et même grand-père sont créés afin de simplifier les calculs (Colleau et Moureaux, 2006). Des accouplements raisonnés de façon plus détaillée peuvent ensuite être planifiés. C'est le cas avec la méthode ACTIVIA (Colleau et al., 2008).

Etudes sur les races porcines

Le principe étant adaptable à la plupart des autres espèces, il a également été envisagé chez le porc : de la même façon que chez les bovins, des taux d'utilisation peuvent être calculés. Les accouplements sont ensuite déterminés de façon à minimiser l'accroissement de la consanguinité. Pour les mâles en monte naturelle, la localisation géographique est aussi prise en compte. Comme chez les bovins, les études rétrospectives montrent que le progrès génétique réalisé en pratique aurait pu être obtenu avec moins de consanguinité si la méthode de gestion optimisée avait été appliquée (Colleau et Tribout, 2006).

Cas de la souche cunicole INRA 1777

Une méthode d'optimisation du progrès génétique sous contrainte d'augmentation maximale de la consanguinité a été testée dans la sélection de cette souche de lapins. Un algorithme permet de définir les taux d'utilisation des mâles et des femelles en fonction des index BLUP, sous contrainte d'une augmentation maximale de la consanguinité fixée. Les accouplements sont ensuite définis en utilisant les parentés entre groupes de mâles et groupes de femelles. Les résultats d'augmentation de la consanguinité sur 3 générations ont été considérés comme satisfaisants avec cette méthode (Garreau et al., 2005).

Cas de la race ovine mérinos de Rambouillet

Chez le mérinos de Rambouillet, une gestion optimisée de la variabilité génétique a été mise en place en 2005. Elle repose sur un algorithme qui comprend la minimisation de la consanguinité des produits et de la parenté entre un groupe de mâles et un groupe de femelles (Palhière et al., 2006). Cette méthode est intéressante puisqu'elle semble limiter l'augmentation de la consanguinité grâce à l'optimisation du choix des mâles et de leur taux d'utilisation sans modifier le fonctionnement du troupeau.

Etudes sur les races non sélectionnées

Des algorithmes semblables à ceux mis en place pour la gestion optimisée de groupe des populations sélectionnées peuvent être utilisé dans les races non sélectionnées. Pour les populations avec générations imbriquées, il existe par exemple une méthode associant la minimisation des coefficients de parentés et l'optimisation des contributions en fonction de l'âge des reproducteurs (Sonesson et Meuwissen, 2001).

I-3-2-d Synthèse

A partir de ces quelques exemples de stratégies, issus du monde équin mais également d'autres races, toutes concernées par l'enjeu de la variabilité génétique, plusieurs pistes de réflexion peuvent être dégagées.

- Qualité de l'information : l'évaluation de la variabilité génétique et l'élaboration de programmes d'accouplement nécessitent une certaine connaissance de la répartition des gènes dans la population. En général, l'information disponible est contenue dans les généalogies, elle peut également reposer, dans des cas particuliers, sur les échanges d'animaux entre élevages (cas de la race ovine bizet, De Rochambeau, 2000). Or, ces informations ne sont pas toujours très complètes, et pas toujours fiables. Une source d'information moins erronée serait l'étude du génome par des marqueurs moléculaires (Verrier, 1992). Cette technique est déjà utilisée chez tous les équidés pour des études de filiation, et sa fiabilité a même été testée chez le baudet du Poitou (Schelling et al., 2002). Dans plusieurs espèces, et notamment chez les chevaux, elle a également servi à de nombreuses études sur les relations entre

races, notamment en vue de leur conservation (Cothran et Luis, 2004) et de leur caractérisation génétique par rapport aux autres races (Cothran, 1998). C'est aussi un moyen d'évaluer le niveau de consanguinité d'une race ou au contraire son taux d'hétérozygotie (Luis, 2007). Enfin, elle pourrait permettre de repérer, via la connaissance des distances génétiques, les animaux très proches génétiquement, et inversement, les animaux au génotype original. Cependant, c'est une technique qui reste très coûteuse. Sa mise en place nécessiterait un financement extérieur ainsi que la mise à disposition de personnes qualifiées, et ne pourrait être renouvelée chaque année. Elle pourrait éventuellement participer à une évaluation de la variabilité génétique de la population à un moment donné, mais ne pourrait pas être l'outil principal du plan d'accouplement.

- Importance de la voie mâle : l'ensemble des méthodes étudiées repose sur les principes de gestion de la voie mâle énoncés par De Rochambeau (De Rochambeau, 1983). En effet, le point clef pour un maintien de la variabilité génétique semble être un nombre de mâles le plus élevé possible avec un renouvellement rapide. Dans l'idéal, chaque mâle saillirait très peu de femelles et produirait un et un seul fils agréé à la monte. De même, chaque femelle produirait une et une seule fille destinée à la reproduction. Ces considérations théoriques n'étant pas transposables à la pratique, surtout pour les races équines, certaines mesures peuvent être mises en place pour s'en rapprocher. Il est possible par exemple de limiter le nombre de saillies par étalon (cas de l'âne du Berry) tout en s'arrangeant pour qu'au moins un fils de chaque étalon soit approuvé à la monte, plusieurs fils permettant d'élargir le choix de l'éleveur. La sélection des mâles reproducteurs peut également prendre en compte l'originalité génétique et leur niveau de consanguinité, mais cela peut créer des tensions (cas du cheval de trait boulonnais). L'originalité d'un animal peut être évaluée selon son appartenance à une lignée (cas du cheval de trait boulonnais), sa parenté avec une population de référence (cas des races ovines et porcines) ou par sa parenté avec un pool d'ancêtres majeurs (cas de l'âne du Berry). Afin de satisfaire l'objectif de valorisation des produits, les mâles doivent également être sélectionnés en fonction de leurs caractéristiques morphologiques, aptitudes et performances zootechniques (cas des races en sélection), mais une sélection poussée n'est guère possible dans les races à petits effectifs. Afin d'augmenter le nombre de mâles et valoriser leur potentiel génétique dans l'objectif d'en sélectionner les meilleurs, il est possible de créer des centres d'élevage de mâles (cas de la brebis Solognote et de l'âne grand noir du Berry). Enfin, une dernière alternative pour élargir la gamme des reproducteurs est la cryoconservation (cas des races ovines, bovines). Cette technologie est à développer en association avec l'insémination artificielle.

- Motivation des éleveurs : plusieurs études, notamment concernant les schémas rotatifs d'accouplement, montrent qu'il est difficile de faire appliquer ce genre de

plans. Plusieurs causes de non suivi des plans peuvent être recensées. Premièrement, il existe dans la plupart des races les mêmes problèmes de localisation que pour les races mulassières. Certaines races organisées en troupeaux ont pu résoudre ce problème avec un plan d'accouplement tenant compte de cette structure (cas de certaines races ovines). Une autre solution est le développement de l'insémination artificielle en semence congelée (cas des races bovines, ovines, porcines). Cependant, c'est une technologie qui a un taux de réussite quasi nul chez le baudet du Poitou et qui est encore mal perçue chez le trait poitevin, en raison notamment de quelques résultats négatifs. Un autre facteur de non respect est le fait que les mâles originaux ne correspondent pas forcément aux critères de sélection de l'éleveur, les mâles les plus prisés étant souvent des animaux « marqueurs » ou « raceurs », qui sont donc peu variables génétiquement. C'est le phénomène du star system qui préoccupe les sélectionneurs des grandes races bovines. En raison de ce décalage, il y a peu d'accouplements entre ces mâles originaux et les meilleures des femelles, ce qui entraîne un cercle vicieux puisque les produits obtenus ne seront pas non plus les meilleurs de leur génération. Pour encourager les éleveurs à choisir des mâles originaux pour leurs meilleures femelles, il est possible de mettre en place une incitation financière (cas du cheval de trait boulonnais). Ces aides peuvent également être destinées à l'encouragement des accouplements entre animaux non apparentés, utilisation de l'insémination artificielle, conservation des jeunes mâles originaux (cas des poneys landais). Une autre possibilité est le pointage des mâles qui permet de mettre en avant les qualités de certains reproducteurs considérés comme originaux. Cela permet de rassurer les éleveurs en diminuant l'incertitude liée à des lignées aux caractéristiques peu connues. Cependant, un tel procédé doit être couplé à d'autres mesures, afin d'éviter l'utilisation massive des mâles les plus améliorateurs. Une de ces mesures est la sensibilisation des éleveurs. Il est en effet important d'informer ces acteurs des différents enjeux de la variabilité génétique. Par exemple, savoir que la consanguinité entraîne la fixation de certaines tares est une motivation non négligeable (cas des ânes du Berry avec l'apparition de « queues de rat »).

Il ressort de cette étude que les schémas rotatifs commencent à passer de mode. Ils semblent trop théoriques et difficilement applicables pour certaines races.

En remplacement, d'autres techniques sont apparues. Si la gestion optimisée de groupe et la gestion par troupeau ne paraissent guère adaptables aux races mulassières pour différentes raisons citées précédemment, les exemples des calculs d'originalité, avec notamment le cas de l'âne du Berry, sont des alternatives intéressantes qui méritent réflexion.

En accompagnement de ces différentes méthodes de gestion, il existe des mesures très variées portant sur l'encouragement financier des accouplements raisonnés, l'élevage des

mâles, l'approbation et l'utilisation des reproducteurs ou encore l'utilisation des biotechnologies.

Aucun des schémas étudiés ne semble cependant idéal, à la fois applicable et appliqué par l'ensemble des acteurs et efficace sur le plan du maintien de la variabilité génétique.

I-5 Objectif, problématique et hypothèses

I-5-1 Objectif

Le but final de ce travail est l'amélioration de la gestion de la variabilité génétique à travers la mise à jour de l'outil de gestion des accouplements.

Il s'agit de limiter la consanguinité au sein des deux races et d'en favoriser la diversité génotypique de façon à conserver ce patrimoine génétique unique.

Cette amélioration devra toucher à la fois à l'aspect génétique et à l'aspect pratique de la mise en application du plan afin de susciter l'adhésion de l'ensemble des acteurs.

Cette action participera à long terme au maintien de ces races menacées

I-5-2 Problématique

Différentes questions émergent de l'analyse du contexte.

Tout d'abord, il est intéressant d'établir dans quelle mesure les plans d'accouplement actuels sont ou ne sont pas respectés par les éleveurs.

Il faut ensuite évaluer l'efficacité du plan actuel par une étude de la variabilité génétique sur ces dernières années et de la situation actuelle concernant la consanguinité et la diversité génétique dans les deux races.

Parallèlement, il convient de se demander si le plan rotatif actuellement mis en place reste la solution la plus adaptée et la plus susceptible d'être efficace pour la gestion de la variabilité génétique des races mulassières.

Enfin, il est nécessaire de trouver un moyen d'augmenter le taux de respect du plan d'accouplement quel qu'il soit.

Il sera alors possible de mettre à jour le plan d'accouplement de manière à atteindre les objectifs liés à la variabilité génétique.

I-5-3 Hypothèses

D'un point de vue général, il semblerait que le plan d'accouplement soit très peu respecté. Cette idée ressort dans au moins une étude antérieure sur les races mulassières (Bremondy, 2006) et dans certains dires d'experts.

Or, l'efficacité du plan repose en grande partie sur son taux de suivi, il est donc probable que son efficacité ne soit pas optimale. Cependant, il aura certainement permis de limiter l'augmentation de la consanguinité et le nombre d'accouplements consanguins. Il aurait également généré une prise de conscience de la part des propriétaires d'animaux des deux races.

En lien avec ce probable manque de suivi, des erreurs se seraient glissées dans le plan et les familles ne correspondraient plus tellement à la réalité génétique. Cette hypothèse est renforcée par le fait que les familles ont été dès le départ sujettes à des arrangements numériques et selon la localisation des étalons pour les baudets.

Pour toutes ces raisons, il est possible que le plan d'accouplement rotatif soit remplacé par une autre méthode de gestion de la variabilité génétique.

Dans tous les cas, la communication et les encouragements financiers seraient la meilleure incitation permettant l'amélioration du taux de respect des recommandations par les éleveurs.

II EVALUATION DU PLAN D'ACCOUPLEMENT

II-1 Application du plan

Ce type de plan très théorique ne peut être efficace que s'il est respecté par la majorité des éleveurs. Or, il est évident que ce n'est pas le cas, ni pour le trait poitevin mulassier ni pour le baudet du Poitou. Il est donc nécessaire de chiffrer le taux le respect du plan observé dans la pratique.

Une étude réalisée en 2009 (Grip, 2010) a établi pour les baudets du Poitou le taux de suivi du plan d'accouplement depuis sa création jusqu'à la saison de monte 2007. Il reste à déterminer le taux de suivi du plan chez le trait poitevin mulassier.

II-1-1 Méthode

L'étude concernant l'accouplement des baudets a été réalisée en deux temps :

- Enquête auprès des propriétaires de baudets du Poitou
- Analyse de filiation des animaux nés après la mise en place du plan

En ce qui concerne le trait poitevin mulassier, la partie enquête auprès des éleveurs n'a pas été reconduite, faute de temps. L'analyse des filiations a été faite uniquement pour les animaux nés en 2008, année la plus récente pour laquelle les données sont disponibles en baudet du Poitou.

II-1-1-a Enquêtes

L'enquête réalisée en 2009 (Grip, 2010) a été mise en œuvre grâce à un questionnaire administré par courrier. Ce dernier a été envoyé à tous les adhérents de l'ANR, soit environ 270 éleveurs et utilisateurs de baudet du Poitou, en France et à l'étranger.

Outre quelques questions générales sur l'activité asine des enquêtés et la valorisation de leurs animaux, le questionnaire, en majorité qualitatif, abordait le thème de la reproduction:

- Fréquence de saillie des ânesses
- Choix des étalons
- Respect du plan d'accouplement et raisons du non suivi éventuel
- Propositions d'amélioration du système

Il s'agit en majorité de questions fermées (**annexe 1**). L'auteur du questionnaire a choisi cette méthode afin de ne pas décourager les éleveurs, même si cela pouvait parfois les influencer.

II-1-1-b Analyse de filiation

Le même protocole a été utilisé pour les deux races d'animaux. L'étude s'appuie directement sur les enregistrements des naissances archivés par l'association. Il s'agit de repérer, pour chaque animal né en 2008, la famille du père et celle de la mère. Ainsi, à partir du plan d'accouplement de 2007, il est possible de déterminer si les femelles ont été saillies selon les recommandations. La proportion d'accouplements correspondant au plan peut alors être calculée.

La proportion calculée peut ensuite être comparée à celle qui serait obtenue si tous les accouplements avaient lieu au hasard : il s'agit de l'inverse du nombre de familles, 7 pour le trait poitevin et 6 pour le baudet du Poitou.

Ces estimations sont en fait la proportion d'accouplements correspondant au plan, il ne s'agit pas réellement d'un taux de respect puisqu'on ne sait pas si cette correspondance est intentionnelle. De plus, il faut savoir que l'analyse de filiation réalisée ne prend en compte que les accouplements qui ont abouti à une naissance. Elle concerne 204 ânesses et 112 juments, soit environ la moitié des accouplements réalisés.

II-1-2 Analyse des résultats

II-1-2-a Enquêtes

79 adhérents ont répondu à l'enquête de 2009 concernant le baudet du Poitou, soit un taux de réponse d'environ 30%.

Parmi les 67 détenteurs français, 33% affirment toujours suivre le plan d'accouplement (38% en berceau et 29% hors berceau), 3% le suivraient le plus possible. A l'étranger, 25% déclarent toujours suivre le plan d'accouplement (Grip, 2010).

Les raisons de ce faible taux de respect sont multiples. L'enquête de 2009 en souligne quelques unes :

- En France, seulement 82% des personnes interrogées connaîtraient le plan d'accouplement (84% en berceau et 80% hors berceau), 75% à l'étranger. Il y a donc peut être un problème de diffusion de l'information, notamment à l'étranger puisque le plan d'accouplement n'est pas traduit.
- Parmi une liste à choix multiple, en France, 47% des enquêtés en berceau et 64% des enquêtés hors berceau ont cité des problèmes liés à l'éloignement et au déplacement des ânesses (33% pour les étrangers). En effet, les baudets des différentes familles sont dispersés sur le territoire, et cela peut engendrer des frais non négligeables liés au transport et à la pension. Il est compréhensible que certains éleveurs préfèrent s'adresser à leur voisin plutôt que de devoir traverser la France, d'autant qu'il existe entre les éleveurs certaines relations de confiance qui régissent leurs interactions.
- Dans cette même liste, 15% des adhérents français évoquent un décalage entre les caractéristiques des étalons recommandés et leurs attentes personnelles. Il est vrai que les éleveurs recherchent avant tout un mâle qui engendrera un produit de qualité puisque le but est en général la valorisation des animaux (vente, étalonnage, traction …). Il s'agit parfois de compenser les défauts de la femelle, ou encore de coller à une certaine vision de l'équidé idéal.
- Enfin, une autre raison citée est la création de problèmes de consanguinité par le plan lui-même. En effet, le faible taux de respect du plan engendre des erreurs qui doivent être corrigées par des changements d'affectation des jeunes animaux, afin qu'ils ne se retrouvent pas face à la famille de leur père à la prochaine rotation. Ce travail de réajustement fastidieux ne suffit pas à supprimer toutes les erreurs, et les éleveurs estiment que le plan devient alors entièrement faux. Le doute est renforcé par le fait que des animaux puissent appartenir à une famille sans que soit présent dans leur généalogie le baudet qui donne son nom à la dite famille. Cela est dû à la fois aux regroupements qui ont été faits lors la création des familles et aux ajustements d'affectation.

II-1-2-b Analyse de filiation

L'analyse de filiations confirme les chiffres révélés par l'enquête : pour le baudet du Poitou, 23% des accouplements en 2007 ont été réalisés selon le plan d'accouplement (Grip, 2010), seulement 12% pour les chevaux de trait poitevins(**tableau 6**). Chez ces derniers, la situation est même très peu différente du résultat d'accouplements effectués au hasard. Pour les ânes, le taux de suivi est légèrement supérieur à celui obtenu par calcul de probabilité (**tableau 6**).

Un constat décevant découle de ces investigations : le plan d'accouplement est très peu suivi par les éleveurs et les 60% escomptés à la création du plan d'accouplement du baudet du Poitou (Bertoni, 2000) sont loin d'être atteints. Pour le baudet du Poitou, l'analyse des filiations par année (**figure 8**) met tout de même en évidence une augmentation du suivi par les éleveurs du berceau (34,4% de suivi pour les animaux nés en 2008 contre 19,6% pour les naissances 2007).

La première hypothèse est malheureusement confirmée : le taux de respect du plan d'accouplement est actuellement insuffisant. Les principaux freins au suivi des recommandations ont été identifiés, il reste à trouver des solutions. Cependant, il faut également déterminer si cette faible adhésion a pu nuire à l'efficacité du plan.

II-2 Bilan génétique et efficacité du plan

L'efficacité du plan rotatif peut être appréciée à travers une analyse généalogique de la population. Ce travail permet dans un premier temps d'évaluer la situation actuelle des deux races en ce qui concerne la variabilité génétique. Il donne également l'évolution de différents indicateurs d'année en année, ce qui peut mettre en évidence un éventuel effet de la mise en place des plans d'accouplement. Enfin, une étude généalogique des familles dans leur état actuel est un bon moyen d'appréhender les effets du temps sur leur pertinence.

II-2-1 Méthode

II-2-1-a Données

Tous les calculs ont été réalisés à partir de la base SIRE (Système Inventoriant et Répertoriant les Equidés) gérée par l'IFCE. Cette base de données créée en 1975 et ouverte aux ânes et chevaux de trait dès 1987-1988 (IFCE, 2011) répertorie la totalité des équidés localisés en France. Elle contient également des animaux étrangers nés en France ou appartenant à un stud-book français. C'est le cas par exemple des Baudets du Poitou suisses, allemands ou américains. Elle peut comporter de nombreuses informations telles que le nom, la race, le sexe, les dates de naissance et de mort, le lieu de naissance et la dernière localisation, les noms du naisseur et du propriétaire, le numéro de stud-book, le numéro de

puce, la robe, la taille, les performances, … Les parents sont normalement reliés à leurs produits, ce qui permet d'établir la généalogie de chaque animal. Ainsi, il est possible de remonter pour certaines races jusque dans les années 1900.

Pour les races mulassières, avant le début de cette étude, quelques individus nés avant 1975 étaient présents dans la base de données, mais tous n'y figuraient pas et les animaux n'étaient pas toujours reliés entre eux. Ainsi, la consanguinité pouvait être sous-estimée puisque deux frères pouvaient ne pas être reliés à leur père. Avant de réaliser le bilan génétique des deux races, il était donc nécessaire de combler ces lacunes, ce qui était réalisable grâce aux livres généalogiques du stud-book. En effet, l'association dispose de ces documents à partir de 1920.

Pour commencer, il a été décidé de partir des étalons approuvés à la monte et de remonter leur généalogie aussi loin que possible, l'objectif étant de compléter au minimum 7 générations. Ensuite, la même méthode a été appliquée aux femelles mises à la reproduction en 2007 et 2008 afin de balayer le plus possible d'ancêtres. Certains collatéraux de ces reproducteurs ont également été visés quand une anomalie était détectée au niveau d'un ancêtre, cependant il était impossible de s'intéresser à tous les animaux des deux races car cela aurait pris trop de temps. Les généalogies récentes étant assez complètes et le nombre d'ancêtres majeurs plutôt réduit, il était raisonnable d'espérer corriger la majorité des erreurs en s'intéressant à un panel restreint d'animaux. En plus des stud-books, d'autres documents ont pu être étudiés afin de recueillir l'information : certificats d'origine, carnets de saillies, inventaires réalisés en 1994. En dernier recours, des éleveurs ont été contactés afin de confirmer certaines hypothèses.

Les généalogies ont ainsi pu être complétées, par association de produits avec leurs parents et création d'animaux, notamment ceux nés avant 1975. Les généalogies remontent désormais jusqu'en 1941 pour certaines lignées. Des erreurs de filiation ont été corrigées, des doublons supprimés.

Les données de la base SIRE peuvent être extraites sous un format exploitable de type tabulaire. Ainsi, plusieurs fichiers numériques ont pu être créés en vue de l'analyse généalogique :

- Fichier 1 contenant tous les animaux de la race considérée enregistrés dans la base SIRE (incluant les ancêtres les plus lointains) -> 3151 baudets et 2304 chevaux
- Fichier 2 contenant les animaux de la race considérée nés entre 2004 et 2008 (inclus), soit la population potentiellement active (population théorique de référence ne comprenant pas les reproducteurs les plus âgés et comportant des animaux décédés) -> 901 baudets et 478 chevaux
- Fichier 3 contenant les femelles non déclarées mortes de la race considérée nées entre 1990 et 2007 (inclus) et ayant déjà été saillies ainsi que les femelles nées entre 2008 et 2010 (inclus), les étalons approuvés, les mâles nés entre 2008 et 2010

(inclus) et les quelques animaux nés en 2011 enregistrés dans la base SIRE à la date de constitution du fichier -> 1488 baudets et 811 chevaux
- Fichier 4 contenant les reproducteurs actifs, c'est-à-dire les étalons ayant une carte de saillie pour la reproduction en race pure en 2011 et les femelles ayant été saillies au moins une fois entre 2008 et 2011 (inclus) -> 785 baudets et 448 chevaux.

Ces fichiers ont été établis à partir des informations de la base SIRE au 1er juin 2011. Pour chaque type de fichier, les deux races ont été séparées.

II-2-1-b Calculs

Les différents calculs ont été réalisés par Christine Blouin (INRA) et Anne Ricard (IFCE-INRA) d'une part, et par Grégoire Leroy (AgroParistech) d'autre part, grâce au logiciel Pedig (Boichard, 2002). Il s'agit en fait d'un ensemble de programmes en langage Fortran permettant de calculer les différents indicateurs de la variabilité génétique. Pour cette étude, les modules suivants ont été utilisés :

- Ngen : calcul du nombre d'ancêtres connus et de générations connues par individu (fichier 1)

- Intgen : calcul de l'intervalle de génération par voie (père-fils, père-fille, mère-fils et mère-fille) et par année de naissance (fichier 2)

- Meuw : calcul des coefficients de consanguinité individuels des animaux (fichier 1), prenant en compte les ascendant appartenant à d'autres races (ensemble des animaux enregistrés dans SIRE)

- Prob_orig : identification des 50 premiers ancêtres majeurs de la population des reproducteurs potentiels (fichier 2) et calcul de leurs contributions brutes et marginales pour l'ensemble de cette population puis de leur contribution génétique brute par individu (fichier 2 + animaux nés de 2009 à 2011) pour les 20 premiers ancêtres majeurs (ancêtres majeurs dans le fichier 1)

- Parente : calcul des coefficients de parenté entre étalons de chaque race (mâles du fichier 3) et entre juments trait poitevin mulassier (femelles nées avant 2009 du fichier 3), le calcul de parenté entre les ânesses n'ayant pu être réalisé dans les temps suite à des problèmes informatiques

Pour compléter le bilan, une étude démographique du cheptel reproducteur (fichier 4) a également été réalisée :
- Evolution du nombre d'animaux mis à la reproduction (chiffres fournis par SIRE)
- Âge des reproducteurs actifs

A partir des nombres d'ancêtres connus et de générations disponibles ont été calculés :

- La proportion d'ancêtres connus par génération
- Le nombre équivalent de générations connues pour chaque année de naissance

A partir des coefficients de consanguinité fournis, ont été établis :

- L'évolution par année de naissance de la proportion d'animaux consanguins
- L'évolution par année de naissance du taux de consanguinité moyen des animaux
- Le classement des étalons en fonction de leur taux de consanguinité

Avec les coefficients de consanguinité et le nombre équivalent de générations connues ont été calculées les tailles efficaces des deux populations à l'aide de la formule suivante (Gutiérrez et al., 2009) : $N_e = 1/2\Delta F$

où ΔF est la moyenne des taux d'accroissement individuels de la consanguinité entre deux générations $\Delta F_i=1-(1-F_i)$^(Eqg_i-1) avec F_i et Eqg_i le coefficient de consanguinité et le nombre équivalent de générations connues de l'individu i.

Enfin, pour analyser la composition génétique des familles, ont été calculées les compositions en ancêtres majeurs de chaque famille de mâles et de femelles (moyenne des compositions individuelles à disposition).
Ainsi, grâce à des tests statistiques effectués avec le logiciel R (version 2.13.1, R Development Core Team, 2011) et son package FactoMineR (version 1.16, Husson et al., 2008), ont pu être évaluées :

- les différences et ressemblances entre les compositions moyennes en 2011 de toutes les familles de mâles et de femelles (analyse en composantes principales ou ACP)
- les différences et ressemblances de composition entre tous les étalons du plan 2011 (analyse factorielle de correspondances ou AFP et classification hiérarchique).

Dans le même but, les parentés moyennes inter et intra familles ont été calculées à partir des coefficients de parenté deux à deux des animaux (44 étalons, 397 juments et 100 baudets présents à la fois dans le fichier 3 et dans le plan d'accouplement) .

II-1-2-2 Analyse des résultats

II-2-2-a Etude démographique du cheptel reproducteur

Trait poitevin

En 2011, 31 étalons disposent d'une carte de saillie, soit environ 5% des mâles nés entre 1990 et 2008. Le nombre d'étalons mis à la reproduction semble stabilisé, depuis le début des années 2000, autour de 35-40, montant jusqu'à 45 en 2007. Il n'avait pas été si bas depuis 1999 (**figure 9**). Leur moyenne d'âge est d'environ 8,7 ans, soit le même chiffre qu'en 2007 (Markey, 2007). 17 étalons sont plus jeunes que la moyenne tandis que 14 sont plus âgés. Le plus vieux d'entre eux est né en 1992 et a donc un peu moins de 20 ans. Cette

longévité se retrouve chez d'autres races de chevaux de trait comme le trait du nord ou le trait auxois dont les étalons actifs en 2011 ont des moyennes d'âge respectives de 8,1 et 9,1 ans, avec un étalon né en 1990 chez les chevaux de trait auxois (chiffres tirés de la base SIRE). Le plus jeune des étalons actifs en trait poitevin est né en 2008, les étalons pouvant commencer leur carrière à l'âge de 3 ans.

417 juments ont été saillies ces 4 dernières années, 409 d'entre elles représentant 56% de toutes les juments nées entre 1990 et 2008. Elles ont une moyenne d'âge de 9,4 ans, comparable à celle des juments trait du nord et trait auxois avec des moyennes d'âge respectives de 10,4 et 9,4 ans. 55% des poulinières considérées sont plus jeunes que cette moyenne qui apparaît légèrement surestimée. En effet, sont prises en compte des juments ayant été saillies en 2008 et mortes en 2009, 2010 ou 2011. Cependant, des juments nées en 1990 ont encore été saillies en 2011 et d'autres ont eu des produits en 2010, ce qui prouve la longévité des reproductrices et met en évidence un renouvellement plutôt lent avec des carrières longues. Les plus jeunes juments de race trait poitevin saillies en 2011 sont âgées de 3, voire 2 ans pour l'une d'entre elles. Ces jeunes reproductrices sont souvent saillies par un baudet pour leur première gestation, afin de ne pas perturber la fin de leur croissance et de permettre une mise bas plus facile. Depuis l'année 2000, le nombre annuel de juments mises à la saillie pour produire en poitevin semble stabilisé autour de 2000. Il semblerait qu'une légère baisse ait été amorcée en 2010 mais il faudrait avoir les chiffres des années 2011 et à venir pour le confirmer (**figure 10**).

Globalement, il n'y a pas de différence d'âge remarquable entre la population des étalons actifs et celle des poulinières actives, même si les juments sont légèrement plus vieilles, avec des carrières plus longues (**figure 11**). A partir des effectifs de ces deux populations, un ratio de 13 juments par étalon peut-être calculé, ce qui semble raisonnable.

7 étalons parmi les plus jeunes n'ont pas encore reproduit dans la race (**figure 12**). Pour le reste du groupe, il existe de grandes disparités concernant le nombre de produits. Par exemple, POMPON DES VIGNES 2 a engendré 30 produits tandis que Pirate 55, né la même année, n'en a que 3 à son actif. En fait, 5 étalons sont à l'origine de la moitié des produits du groupe. Alors que la moyenne est de 9,9 produits par étalons, INDIEN, JERICHO, POMPON DES VIGNES 2, OMER DES METAIRIES et OUMBAKA en ont respectivement 43, 33, 30, 22 et 21. INDIEN, l'étalon ayant le plus de produits, est décédé en 2009 mais a fourni de la semence congelée qui continue à être distribuée.

Qu'il s'agisse des mâles ou des femelles, le renouvellement des reproducteurs s'effectue relativement lentement (**tableau 7**). Ce chiffre de plus de 8 ans est explicable à la fois par la maturité tardive des animaux qui repousse l'âge des individus à la naissance de leur premier produit, et par la longévité de la race qui maximise l'âge des reproducteurs à la naissance de leur dernier produit.

Baudet du Poitou

En 2011, 80 baudets disposent d'une carte de saillie pour la reproduction en race pure. 79 d'entre eux représentent environ 21% des mâles baudet du Poitou inscrits au livre A nés entre 1990 et 2008 (les mâles du livre B ne peuvent être approuvés à la monte en race pure). En prenant en compte la monte mulassière et la production d'ânes hors race pure, 94 baudets ont une carte de saillie. Le nombre de baudets en activité semble donc stabilisé après une augmentation continue de 1989 à la fin des années 2000 (**figure 13**). La moyenne d'âge est d'environ 10,6 ans, avec 47 baudets plus jeunes que la moyenne et 33 baudets plus vieux que la moyenne. La présence de 7 étalons de plus de 20 ans témoigne de la longévité des reproducteurs mâles. Comme chez les chevaux mulassiers, le plus jeune est né en 2009 et commence sa carrière d'étalon.

Chez les femelles, 692 ânesses constituent la population des reproductrices actives. 684 d'entre elles représentent environ la moitié des femelles baudet du Poitou nées entre 1990 et 2008. Leur moyenne d'âge est d'environ 9,5 ans, avec 56% d'entre elles plus jeunes que cette moyenne. Comme chez les mâles, les carrières sont plutôt longues, avec une vingtaine d'ânesses de plus de 20 ans, dont certaines ont encore été saillies en 2011, même si d'autres sont mortes depuis 2008. Les plus jeunes sont âgées de 2 ans mais beaucoup ne connaissent leur première saillie qu'à l'âge de 3 ans. Globalement, le nombre d'ânesses saillies pour la reproduction en race pure n'a fait qu'augmenter depuis 1989 (**figure 14**).

Globalement, il n'y a pas de différence d'âge remarquable entre la population des étalons actifs et celle des reproductrices actives, même si les baudets sont légèrement plus vieux (**figure 15).** Un ratio de 8 à 9 ânesses par baudet peut être calculé à partir des deux populations étudiées, ce qui semble raisonnable.

Parmi les plus jeunes, 14 étalons n'ont pas encore de produits dans la race. Pour les autres, la taille de la descendance est plutôt hétérogène. En effet, avec une moyenne de 14,3 produits par baudet, un tiers des étalons actifs ont engendré entre 1 et 9 produits chacun tandis qu'un cinquième d'entre eux en a plus de 50, allant jusqu'à plus de 80 (**figure 16**). Avec plus de 30 produits chacun, 12 baudets sur 80 sont à l'origine de la moitié des produits du groupe. CADICHON et PAPYUS DE L'ETOILE se distinguent avec plus de 60 produits chacun.

Le baudet du Poitou et le trait poitevin mulassier sont deux races à la longévité remarquable. C'est pourquoi la moyenne d'âge des reproducteurs est tirée vers le haut. Ce n'est pas un cas particulier au sein des races d'ânes et de chevaux de trait, mais cela implique également un lent renouvellement des reproducteurs, avec un intervalle de génération relativement long, ce qui n'est pas un élément de diversité. En effet, plus un animal reproduit longtemps, plus il distribue ses gènes. D'un autre côté, les jeunes reproducteurs sont tout de même en nombre suffisant pour assurer le remplacement des animaux vieillissant.

Comme chez les chevaux, un intervalle de génération plutôt long peut être observé (**tableau 8**), et ce pour les mêmes raisons. Il est un peu plus court pour les femelles que pour les mâles, ce qui s'expliquerait par une longévité supérieure des mâles.

Comme mentionné précédemment avec les limites du plan, de grandes différences d'utilisation peuvent être mises en évidence parmi les étalons, même entre reproducteurs de même âge. Cela favorise la distribution de certains gènes par rapport à d'autres.

II-2-2-b Quantification de l'information génétique

Avant la mise à jour des données de la base SIRE, le nombre équivalent de générations connues pour les animaux nés en 2010 était de 5,2 pour le trait poitevin mulassier et 4,8 pour le baudet du Poitou. Après avoir complété les généalogies, l'objectif qui était 7 générations est atteint pour les chevaux avec un nombre équivalent de générations connues de 7,9 (**figure 17**). Pour les baudets du Poitou, le résultat est également satisfaisant avec un nombre équivalent de générations connues de 6,6 (**figure 18**). Sur l'ensemble des animaux enregistrés dans la base de données, un peu moins de 3 générations ont été gagnées pour les chevaux et un peu moins de 2 pour les baudets. Il est plus difficile de remonter les généalogies des individus de race baudet du Poitou car avant les années 70, les animaux n'étaient pas tous nommés « à la lettre » et les numéros de stud-book des parents n'étaient pas toujours indiqués. La quantité d'information est cependant relativement élevée. Pour les animaux nés en 2002, elle est presque équivalente à celle des chevaux selle français pour les mulassiers, et pour les baudets du Poitou nés en 2004, elle est similaire à celle des chevaux de trait comtois (**tableau 9**).

Concrètement, pour les chevaux nés en 2010, plus de 90% des ancêtres sont connus jusqu'à la 6ème génération, 40% à la 9$^{ème.}$. Sur l'ensemble des chevaux dont au moins un parent est connu, plus de 60% des ancêtres sont en moyenne connus jusqu'à la 6ème génération (**figure 19**).

Les ancêtres des baudets du Poitou sont un peu moins bien connus. Pour les animaux nés en 2010, plus de 90% sont connus jusqu'à la 5ème génération, 30% à la 8ème. Sur l'ensemble des animaux dont au moins un parent est connu, plus de 70% des ancêtres sont encore connus à la 5ème génération et un peu plus de 10% à la 8ème (**figure 20**).

Par ailleurs, la connaissance des généalogies est la même pour les baudets du livre B que celle des baudets du livre A. En effet, même si les premiers animaux inscrits au livre B n'avaient pas de parents connus, les parents des animaux du livre A n'étaient pas toujours renseignés non plus. Ainsi, pour leurs descendants, le niveau d'information est comparable.

Suite à la mise à jour de la base SIRE, un bond a été fait dans la connaissance des généalogies. Il est maintenant possible d'évaluer de façon assez juste la diversité génétique des populations. Cependant, certains animaux ont des généalogies moins complètes que d'autres et il existe encore des problèmes de doublons et d'animaux non reliés à leurs

parents dans la base SIRE. La qualité de l'information généalogique peut donc encore être améliorée.

II-2-2-c Consanguinité

Trait poitevin

99% des chevaux nés en 2010 ont un coefficient de consanguinité supérieur à 0. Depuis le début des années 2000, la quasi-totalité des poulains sont consanguins (**figure 21**). La proportion d'individus consanguins parmi les chevaux enregistrés semble augmenter régulièrement depuis les années 70 mais cette impression peut-être liée à l'augmentation de la connaissance des généalogies en fonction de l'année de naissance des animaux. D'autre part, il est délicat de comparer les populations nées dans les années 70 à celles d'aujourd'hui car elles sont d'effectifs très éloignés : 15 naissances enregistrées en 1974 contre 92 en 2010 (**figure 22**). Dans tous les cas, il est évident que la proportion d'animaux consanguins ne peut qu'être sous-estimée car elle dépend fortement de l'information généalogique disponible. En effet, avant la mise à jour de la base SIRE, un bilan annonçait seulement 70% d'animaux consanguins pour les poulains nés en 2007 (Danvy, 2010).

Avec l'accroissement de la proportion d'animaux consanguins, la consanguinité moyenne augmente également puisque la consanguinité moyenne des animaux consanguins ne diminue pas (**figure 23**). De 1999 à 2002, les deux taux diminuent de plus d'un point. Il est possible d'y voir les répercussions de la mise en place du plan d'accouplement mais cet effet positif n'est pas durable puisque les deux taux, désormais confondus, remontent jusqu'à atteindre une consanguinité moyenne de 7,1% pour les animaux nés en 2010. Ce chiffre correspond à l'accouplement de parents au moins aussi proches que des cousins germains, avec au moins deux grands parents en commun.

La situation est donc bien plus préoccupante que ce qui était annoncé en 2010 avec un taux de consanguinité moyen de 2% pour les animaux nés en 2007 (Danvy, 2010). Il est d'autant plus inquiétant que les fichiers généalogiques sont encore incomplets, ce qui implique une sous-estimation des taux de consanguinité individuels. Cependant, il n'est pas possible d'effectuer la comparaison avec d'autres races, car chacune d'entre elle dispose d'une information génétique plus ou moins précise.

La plupart des chevaux ont un taux de consanguinité compris entre 3,13% (parents ayant un grand parent en commun) et 12,5% (accouplement de deux demi-frères-sœurs ou entre un oncle et une nièce, une tante et un neveu) (**figure 24**).

Sur les 45 étalons répertoriés dans le plan d'accouplement 2011, tous sont consanguins. 10 d'entre eux ont un taux de consanguinité inférieur à 3,13% et un seul a un taux de consanguinité supérieur à 12,5% (**figure 27**). Aucun n'a un taux de consanguinité supérieur à 25%. Leur consanguinité moyenne est de 5,6%, soit environ le taux de consanguinité moyen de la population née entre 1992 et 2008 à laquelle ils appartiennent. Parmi eux, les étalons

de la famille RESEDA se distinguent avec une consanguinité moyenne de seulement 2,7% pour 7 animaux.

Baudet du Poitou

Comme chez le trait poitevin mulassier, la quasi-totalité des animaux nés depuis la fin des années 90 sont consanguins (**figure 26**). C'est un constat décevant par rapport au chiffre de 85% obtenu avant la mise à jour pour les baudets nés en 2007 (Danvy, 2010). Là encore, la forte proportion d'animaux non consanguins avant 1995 et l'augmentation de la proportion des consanguins depuis 1985 sont à relativiser du fait du manque d'information sur les animaux nés dans cette période et leur faible effectif (**figure 27**).

Avec la proportion d'animaux consanguins, la consanguinité moyenne augmente elle aussi depuis les années 70 (**figure 28**). Son taux de croissance paraît cependant relativement faible depuis la fin des années 90. Il est possible que la mise en place du plan d'accouplement ait contribué à ce résultat. Contrairement à ce qui est observé chez les chevaux, des taux de consanguinité individuels très élevés donnent jusqu'au début des années 90 un taux de consanguinité moyen pour les animaux consanguins supérieur au taux de consanguinité actuel. Il faut cependant toujours garder à l'esprit que peu d'animaux nés avant 1990 sont enregistrés dans la base SIRE. Par exemple, en 1986, 18 naissances seulement sont enregistrées : parmi ces animaux, au moins 7 sont consanguins et leur taux de consanguinité moyen s'élève à plus de 12%. En 2010, le taux de consanguinité moyen des fedons est de 6,5% pour 202 naissances enregistrées. Comme chez les chevaux, ce taux est supérieur à celui qu'aurait un animal dont les parents sont au moins aussi proches que des cousins germains (au moins deux grands parents en commun). Avant la mise à jour de la base de données, un taux de 2,5% avait été obtenu (Danvy, 2010).

Comme chez les chevaux, la population de baudets du Poitou est constituée essentiellement d'animaux ayant un coefficient de consanguinité compris entre 3,13% et 12,5% (**figure 29**). Entre 1986 et 1991, des animaux très consanguins sont apparus mais cette tendance n'a heureusement pas perduré.

Il est étonnant de constater que l'introduction de sang étranger, avec l'acquisition des ânesses portugaises au début des années 80, n'a eu aucun effet sur les taux de consanguinité. Si les quelques animaux de départ étaient non consanguins, la population des animaux du livre B a ensuite évolué de manière semblable à celle des animaux de race pure (**figure 30**). Le taux de consanguinité moyen des baudets du livre B reste cependant légèrement inférieur à celui des animaux du livre A avec, pour les fedons nés en 2010, une consanguinité moyenne de 6% en livre B contre 6,8% en livre A (**figure 31**).

Chez les animaux du livre B, 9% des naissances en 2010 concernent des individus au taux de consanguinité inférieur à 3,13% alors qu'il n'y en a plus que 2% chez les animaux du livre B. De même, en livre B, 55% des individus ont un taux de consanguinité compris entre 3,13 et 6,25% alors qu'il n'y en a plus que 42% en livre A. A l'inverse, 33% des baudets du livre B ont

des taux de consanguinité compris entre 6,25 et 12,5%, contre 54% d'entre eux en livre A (**figure 32**).

Parmi les 100 étalons du plan d'accouplement 2011, 5 seulement, dont 2 en Allemagne et issus de souche allemande, ont un coefficient de consanguinité égal à 0 (**figure 33**). 2 ont un coefficient de consanguinité non nul et inférieur à 3,13 tandis que 2, dont l'un n'a jamais produit de baudet du Poitou, ont un coefficient de consanguinité supérieur à 25% et 4 ont un coefficient de consanguinité compris entre 12,5 et 25%.
Leur taux de consanguinité moyen est de 5,6%, ce qui correspond environ au taux de consanguinité moyen des animaux nés entre 1988 et 2008 à laquelle ils appartiennent (un seul de ces baudets est né en 1984).

La population de baudets du Poitou et de traits poitevins est aujourd'hui presque totalement consanguine. La consanguinité moyenne pour les animaux nés en 2010 est supérieure à 6% et peut donc être considérée comme préoccupante. La moitié des animaux dépassent également individuellement ce seuil. Globalement, la population des reproducteurs, c'est-à-dire d'une part les étalons du plan d'accouplement et, d'autre part, l'ensemble des animaux nés entre 2004 et 2008, ont un taux de consanguinité moyen légèrement inférieur à 6%. Ce chiffre devrait augmenter avec l'arrivée d'animaux de plus en plus consanguins. La mise en place des plans d'accouplement en 1998 et 2001 a eu très peu d'effets sur l'évolution de la consanguinité et la situation est aujourd'hui plutôt inquiétante.

II-2-2-d Variabilité génétique

Trait poitevin

5 ancêtres seulement sont à l'origine de la moitié du polymorphisme de la population potentiellement active (**figure 34**).

Il s'agit de quatre étalons et une poulinière, dont deux sont nés dans les années 60, deux dans les années 70 et un en 1989. Le 5ème, BISMARK, a une contribution génétique marginale inférieure à sa contribution génétique brute car il est lui-même un descendant de deux autres ancêtres majeurs : GITAN et QUEBEC. Ces deux derniers sont présents dans la généalogie de 100% des chevaux nés entre 2004 et 2008, tous les animaux de la population de référence sont donc apparentés.
Les 15 autres ancêtres les plus présents ont des contributions comprises entre 1 et 5%, tandis que tous les suivant ont des contributions génétiques inférieures à 1% (**annexe 2**).

Chez les chevaux de trait comtois, il faut 20 ancêtres pour expliquer 54% du polymorphisme de la même population de référence, 55% chez le cob normands. Pour les traits ardennais, les 20 premiers ancêtres sont à l'origine de 31% des gènes seulement (Sabbagh, 2011). Le même nombre d'ancêtres représente 86% du polymorphisme dans la population

potentiellement active de traits poitevins mulassiers, 50 ancêtres étant à l'origine de 97% du polymorphisme dans la population étudiée (**figure 35**). Les origines des gènes sont donc très peu diversifiées chez le trait poitevin mulassier, comparées à celles d'autres chevaux de trait. Cependant, la même situation existe chez le boulonnais, avec 6 ancêtres à l'origine de 50% du polymorphisme pour les animaux nés entre 1997 et 2000 (Verrier et al., 2005).

D'autre part, le calcul de la taille efficace de la population appliqué aux animaux nés entre 2004 et 2008 donne un résultat d'environ 50. Cela signifie que ces 478 chevaux incarnent une diversité génétique équivalente à celle de 50 fondateurs non apparentés.

Baudet du Poitou

5 ancêtres seulement sont à l'origine de 52% du polymorphisme de la population potentiellement active (**figure 36**).

Il s'agit de 4 baudets et une ânesse, tous nés de 1969 à 1972. Leurs contributions marginales sont égales à leurs contributions brutes puisqu'ils ne sont pas apparentés entre eux.
Les 12 autres premiers ancêtres les plus importants ont des contributions marginales comprises entre 1 et 8%. Tous les suivants ont des contributions génétiques marginales inférieures à 1% (**annexe 3**).

20 ancêtres sont à l'origine de 88% du polymorphisme de la population considérée, 50 sont à l'origine de plus de 95% des gènes (**figure 37**). La totalité des animaux de la population de référence sont apparentés à un même animal né en 1950, GRINGALET, et sont donc tous apparentés entre eux.

Le calcul de la taille efficace de la population donne un résultat d'environ 40, ce qui signifie que les 901 baudets du Poitou nés entre 2004 et 2008 présentent une diversité génétique équivalente à celle de 40 fondateurs non apparentés.

Pour les deux races, l'ensemble des gènes de la population viennent d'un très petit nombre d'ancêtres. Cela est dû à l'effectif réduit des reproducteurs à une certaine époque, doublé d'un déséquilibre d'utilisation, qui ont créé des goulets d'étranglement dans les généalogies. Il est possible de modifier la répartition de ces gènes dans la population en utilisant des animaux peu apparentés aux principaux ancêtres majeurs.

II-2-2-e Étude des familles

Trait poitevin

Il est possible d'évaluer la cohérence des familles en comparant la composition en ancêtres majeurs de chacune d'entre elles avec la composition moyenne de la population de référence (**figure 38**).

En comparant ainsi deux à deux chaque famille de mâles ou de femelles à la population de référence, plusieurs constats peuvent être établis :

- la composition moyenne en ancêtres majeurs de chaque famille de femelles ressemble très fortement à la composition moyenne de la population de référence
- la plupart des familles de mâles ont une composition moyenne en ancêtres majeurs qui diffère de celle de la population de référence
- les familles de mâles PREMIER MAI et VICTORIEUX ont une composition moyenne en ancêtres majeurs qui se distingue peu de celle de la population de référence.

L'analyse en composantes principales (**annexe 4**) confirme ces observations : les familles de mâles LICK, RESEDA, TITAN et HARDY se distinguent du lot alors que le test ne permet pas de mettre en évidence une différence significative entre les familles de femelles et les familles de mâles KEVIN, PREMIER MAI et VICTORIEUX. Il est cependant possible de remarquer une tendance à la ressemblance entre les familles de femelles LICK, TITAN et RESEDA et les familles de mâles correspondantes.

Une analyse individuelle des étalons du plan d'accouplement 2011 (**annexe 5**) montre une certaine homogénéité au sein de la population des étalons, ce qui n'empêche pas certains individus d'émerger pour former notamment les familles LICK et RESEDA.
La classification des étalons en fonction de leur composition en ancêtres majeurs (**figure 39**) démontre la pertinence de certaines familles de mâles telles que les familles RESEDA, LICK, TITAN et HARDI.

Les coefficients de parentés deux à deux entre tous les étalons du plan d'accouplement 2011 permettent d'évaluer la pertinence des familles en prenant en compte non plus les 20 premiers ancêtres majeurs mais la totalité des ancêtres, y compris les ancêtres proches.
Le calcul des parentés moyennes entre ces étalons (**tableau 10**) révèle une certaine cohérence de l'ensemble des familles, légèrement moins marquée pour la famille Premier Mai.

De même, chez les femelles trait poitevin mulassier, la parenté intra-famille se révèle supérieure à la parenté inter-famille pour l'ensemble des familles (**tableau 11**).

Baudet du Poitou

La comparaison graphique des compositions moyennes en ancêtres majeurs de chaque famille montre que ces dernières se différencient plus ou moins de la population de référence (**figure 40**) :

- la plupart des familles présentent quelques différences avec la population de référence
- les familles de mâles POLO et DIVISEUR semblent très différentes de la population de référence
- les mâles et les femelles de la famille DREFUS ainsi que la famille de femelles UNIVERS DU BOURG se distinguent peu de la population de référence

Contrairement à ce qui a été observé chez les chevaux, les familles de femelles présentent moins de différences avec la population de référence mais se distinguent tout de même les unes des autres, et certaines semblent avoir des similitudes avec les familles de mâles correspondantes.

GAULOIS, DIVISEUR et POLO faisant partie des 20 premiers ancêtres majeurs, il est possible de vérifier la cohérence des noms de ces trois familles (**figure 41**). D'après les compositions en ancêtres majeurs, seule une famille sur trois possède un nom cohérent, il s'agit de la famille DIVISEUR.

L'analyse en composantes principales (**annexe 6**) confirme ces observations : l'ensemble des familles de mâles et de femelles semblent se distinguer les unes des autres.
La famille de mâles DIVISEUR se démarque tout particulièrement, avec une forte influence des ancêtres DIVISEUR, GASPARD et POLO. Cependant, les femelles de la même famille sont plus proches des mâles de la famille UNIVERS DU BOURG, avec l'influence de DARTAGNA, AMANDE et ETINCELLE.
Les familles de mâles et de femelles POLO sortent également du lot et se rapprochent des mâles de la famille OBERON, avec l'influence de GAULOIS, CAMBRONNE et JONQUILLE.
Il est surprenant de constater que les animaux de la famille POLO sont plus apparentés à GAULOIS qu'à POLO. De même, il n'y a pas vraiment de cohérence entre les mâles et les femelles d'une même famille.

Une analyse individuelle des étalons du plan d'accouplement 2011 (**annexe 7**) montre une certaine homogénéité au sein de la population des étalons, ce qui n'empêche pas certains individus d'émerger pour former notamment la famille POLO, qui semble être divisée en deux branches. OCEAN DU CRAIL se détache seul en raison de sa parenté avec NONO.
La classification des étalons en fonction de leur composition en ancêtres majeurs (**figure 42**) montre une absence de cohérence par rapport à la composition des familles, à part pour la famille POLO, constituée de deux sous groupes homogènes.

Comme chez le trait poitevin mulassier, le calcul des moyennes inter- et intra-familles (**tableau 12**) montre une certaine cohérence des familles de baudets. Elle est cependant moins nette que chez les étalons mulassiers.

Les différentes familles de chevaux de trait et de baudets ont donc subi différentes évolutions depuis leur construction qui ont conduit à des situations différentes. Certaines sont restées cohérentes par rapport à leur nom, d'autre pas. Certaines se distinguent par leur composition en ancêtres majeurs tandis que d'autres se confondent dans la population totale. Certaines familles de mâles correspondent à un groupe d'étalons apparentés tandis que d'autres semblent très hétérogènes, quelques individus sortent du lot.
Par ailleurs, l'effectif de certaines familles a considérablement diminué tandis que d'autres familles se sont développée (**tableaux 2 et 3**). Cela concerne principalement les étalons mulassiers avec l'exemple de la famille LICK qui passe de 4 étalons à seulement 2 tandis que la famille PREMIER MAI passe de 5 à 11 étalons. Ces inégalités montrent que le système n'est pas optimal. Cependant, il existe encore une cohérence des familles au niveau de la parenté entre animaux puisque les individus à l'intérieur de chaque famille sont globalement plus apparentés entre eux qu'avec les individus des autres familles.

La seconde hypothèse est en partie vérifiée : la mise en place d'un plan d'accouplement a permis, dans une faible mesure, de modérer les accouplements consanguins. Toutefois, après la mise à jour des données généalogiques, le bilan est beaucoup moins positif que ce qui était attendu au vu des résultats obtenus en 2010. Il en ressort donc que le plan d'accouplement actuel et ses problèmes d'application n'ont pas permis de retrouver des résultats satisfaisants au niveau de la consanguinité et de la variabilité génétique des animaux. En ce qui concerne les familles, elles restent cohérentes au niveau des parentés entre animaux mais semblent inégalement pertinentes.

II-3 Synthèse

A priori, le plan d'accouplement rotatif mis en place il y a une dizaine d'années a eu des effets positifs sur la consanguinité de la population des deux races. Dans un premier temps, il est évident que la communication autour de ce plan a permis de sensibiliser un certain nombre d'éleveurs à l'enjeu de la variabilité génétique. Pour preuve, de plus en plus de propriétaires de juments ou d'ânesses affichent une volonté de raisonner les accouplements de leurs animaux de façon à éviter la consanguinité. Ainsi, au cours de ces 10 dernières années, la consanguinité moyenne de la population de baudets du Poitou parait stabilisée. Il est cependant impossible de déterminer si cette amélioration est directement liée à la mise en application du plan rotatif.

D'autre part, chez le trait poitevin, aucun effet du plan d'accouplement ne peut être mis en évidence à travers l'analyse généalogique. Ce manque de résultat est à relier au fait que peu d'accouplements semblent être planifiés en fonction de la rotation des familles, en trait

poitevin comme en baudet du Poitou. Cela est en partie dû à des impossibilités matérielles, à des problèmes de cohérence des familles et à l'échelle de priorités des éleveurs. Il est également possible que la construction du plan ne permette pas dans l'immédiat, même dans le cas d'un suivi total, des résultats spectaculaires sur la consanguinité des animaux.

A la lumière de ces considérations, il serait maintenant intéressant de réfléchir à un nouveau plan d'accouplement. Pour cela, il est possible de s'inspirer des méthodes utilisées dans les autres races, voire dans les autres espèces.

III NOUVEAU PLAN D'ACCOUPLEMENT

III-1 Principe

III-1-1 Un plan en rupture avec le schéma rotatif

Le plan d'accouplement actuel repose sur la construction de familles plus ou moins pertinentes, ce qui est source de méfiance chez les éleveurs. En outre, le non-respect de ce plan accentue les incohérences du système qui perd tout son sens. Il semble donc que les familles ne peuvent être conservées dans leur état actuel, d'autant plus que l'information génétique a été complétée, ce qui pourrait entraîner des bouleversements dans les groupes d'individus apparentés. Il convient donc d'appliquer l'une ou l'autre des solutions suivantes (**tableau 13**).

Tableau 13 : Comparaison de deux solutions pour l'avenir du plan d'accouplement

	Solution 1 : remodelage des familles	Solution 2 : abandon du schéma rotatif au profit d'une autre méthode de la gestion de la variabilité génétique de type « âne du Berry »
Conséquences	Fiabilité du plan améliorée : -reformation des familles d'après la connaissance actuelle des parentés -gommage des erreurs d'affectation des jeunes animaux -disparition de certains noms de familles pouvant prêter à confusion	Suppression des problèmes liés à la construction et à la composition des familles Introduction de la notion d'originalité génétique et gestion individuelle des individus potentiellement porteurs de gènes rares
Limites	Absorption des familles en voie d'extinction par des familles plus fortes Inévitable formation de familles recomposées afin de respecter l'homogénéité des effectifs	Pas encore de résultats chiffrés dans d'autres races équines Pas d'estimation du temps de travail pour la gestion du plan

	Persistance du problème d'affectation des nouveaux animaux lié au non respect du plan d'où de nouvelles approximations et nouveaux mélanges entre familles Donc : -nécessité de nouveaux remodelages par la suite -perte de variabilité génétique	Peut faire croire à un retour en arrière et paraître compliqué aux éleveurs
Avantages comparés	Ne déstabilise pas les éleveurs qui commencent à s'habituer au schéma rotatif	Exemples de l'âne grand noir du Berry et du cheval de trait boulonnais Repose sur une information actualisée Utilise des méthodes simples sans risque de multiplier les erreurs

Quelle que soit la méthode choisie, le problème du taux de respect ne sera pas totalement résolu. L'exemple des autres races à faible effectif confirme cette considération. Il est donc nécessaire de réfléchir à des mesures d'accompagnement permettant une application plus efficace du plan :

- Communication aux éleveurs de toutes les décisions prises et mise en avant des points positifs du plan d'accouplement par rapport à l'absence de plan. Rappel des conséquences de la consanguinité.
- Si possible, encouragement financier pour les saillies des meilleures reproductrices avec des étalons originaux ou pour la conservation des produits de ces accouplements.
- Éventuellement reprise du projet de la pépinière afin d'augmenter le nombre de mâles élevés dans les conditions permettant la valorisation de leur potentiel.
- Règlementation des saillies avec un maximum d'utilisation pour les mâles les plus prisés ou retrait des mâles ayant beaucoup produit pour un renouvellement rapide.
- Développement de l'insémination artificielle et de la cryoconservation, importance de la recherche.
- Réflexion sur l'utilisation des marqueurs moléculaires pour une étude génomique.
- Réflexion sur le pointage des animaux afin de mieux caractériser les produits.
- Poursuite des études de l'INRA et des Haras nationaux pour le développement d'un outil en ligne gratuit de raisonnement des accouplements.

Au vu des éléments précédents, il semble qu'une simple mise à jour du plan d'accouplement rotatif ne permettrait pas d'améliorer de façon significative la variabilité génétique des races mulassières.

Le plan qu'il a été choisi de mettre en place s'inspire de différentes mesures rencontrées chez d'autres races, voire d'autres espèces mais est adapté aux particularités des races mulassières et de leur gestion dans le contexte actuel.

III-1-2 Un plan en plusieurs points

La variabilité génétique est constituée de plusieurs composantes qui sont complémentaires mais peuvent être abordées séparément. C'est pourquoi le plan a été élaboré autour de plusieurs points, ce qui permet une gestion plus complète et plus souple de la variabilité génétique.

III-1-2-a Gestion de la diversité génétique globale

Le principal enjeu concernant la variabilité génétique des races mulassières est la conservation d'une certaine diversité. En effet, l'ensemble des allèles portés par les gènes de tous les individus constitue une réserve génétique qu'il est important de préserver pour l'avenir de ces populations. Cette réserve est garante de la capacité évolutive des races et constitue des possibilités de sélection très variées.

D'après la généalogie des populations actuelles de races mulassières, il est pertinent de supposer l'existence de groupes plus ou moins distincts d'individus partageant des génotypes semblables. C'est le principe des familles. Pour conserver ce patrimoine génétique, il faut s'assurer que chacune de ces combinaisons d'allèles soient transmises à une nouvelle génération. C'est pourquoi il est nécessaire de veiller au renouvellement de chacune de ces sous-populations génétiques.

Le plus faisable est de répartir les reproducteurs mâles dans de nouvelles familles selon leur parenté. Il suffira ensuite de gérer ces groupes d'étalons de façon à ce que leur effectif ne diminue pas. Ce contrôle pourra s'effectuer grâce à l'approbation et à d'éventuelles incitations à l'élevage d'étalons selon les besoins du moment. De telles mesures permettraient également de maintenir un nombre intéressant de mâles, voir de l'augmenter.

D'autre part, afin de garantir la diversité des croisements, il faut encourager la circulation des étalons : le plan rotatif incitait les éleveurs à changer d'étalon au moins tous les trois ans, il faut veiller à ce que sa suppression ne soit pas un encouragement à utiliser toujours le même étalon, même si celui-ci est intéressant du point de vue originalité et parenté avec la jument.

III-1-2-b Gestion des contributions mâles

Si la transmission des allèles de chaque famille peut être assurée par la constitution de familles de mâles, il faut également s'assurer que leur distribution se fera de façon équilibrée dans la population. Or, actuellement, il existe des étalons qui sont très utilisés et

d’autres qui le sont très peu. Ce déséquilibre doit disparaître afin d’éviter l’uniformisation de la population.

Dans le cas des étalons trop productifs, une solution est de fixer un nombre maximal de produits. Quand ce seuil est atteint, l’activité de l’étalon doit être diminuée. Cela permettra également d’accélérer le renouvellement des reproducteurs puisque les étalonniers seront incités à les remplacer, de préférence par un de leurs fils qui aura les mêmes qualités.

En ce qui concerne les étalons effectuant trop peu de saillies, il faut distinguer plusieurs cas :

- Certains étalons sont très peu connus ou souffrent d’un problème d’accès. Il faut les mettre en avant, par exemple dans le catalogue des étalons. D’autre part, la généralisation de la possibilité d’insémination artificielle permettrait de les rendre plus accessibles.
- Certains étalons ne correspondent pas aux attentes des propriétaires de femelles. S’ils sont considérés comme « originaux » d’un point de vue génétique, il faut traiter leur cas séparément. Sinon, il faut approuver de meilleurs étalons de la même famille qui compenseront leur faible utilisation.

III-1-2-c Gestion des animaux «originaux»

Certains individus ont des origines peu communes. Ils sont peu apparentés au reste de la population et présentent souvent un phénotype différent. Il est donc très probable que ces animaux dits « originaux » soient porteurs d’allèles rares. Pour cette raison, ils ne correspondent pas forcément à l’idéal de la race et sont donc peu utilisés. Cependant, il est important de conserver ces allèles qui pourraient devenir intéressants dans le futur. Il faut donc encourager l’utilisation de ces animaux.

Afin d’inciter les éleveurs à choisir des étalons « originaux » pour leurs femelles, une aide financière est nécessaire. Il peut s’agir d’une aide à la saillie ou d’une aide à la conservation d’étalons. Dans le but d’améliorer les lignées « originales », ces étalons doivent saillir les meilleures femelles. Afin de faciliter l’accès à ces étalons, l’insémination artificielle serait un bon complément. Elle pourrait également faire l’objet d’une indemnisation.

Il existe également des femelles «originales». De même que les étalons, elles doivent être accouplées à des animaux « améliorateurs » de la race afin de rendre leur descendance plus intéressante par rapport aux objectifs de sélection.

III-1-2-d Gestion de la consanguinité

Un autre axe important est la lutte contre les accouplements consanguins. Ces derniers participent à l’augmentation du taux d’homozygotie de la population et sont favorables à la fixation de tares ainsi qu’à l’aggravation des problèmes de reproduction des races mulassières.

La première chose à faire pour éviter de tels accouplements est de bien rappeler aux éleveurs qu'il est important de ne pas faire saillir une femelle par l'un de ses proches parents : frère, cousin, père, oncle ou grand-père.

Ensuite, il serait intéressant de calculer chaque année les coefficients de parenté entre tous les animaux mis à la reproduction. Ainsi, chaque éleveur aurait accès à la liste des étalons non apparentés à leur jument ou à leur ânesse. Cette information peut être envoyée sous forme d'un document papier comme l'était le plan d'accouplement rotatif jusqu'à maintenant. Elle peut également être publiée sur le site Internet de l'association Races mulassières du Poitou.

L'accès à l'information devrait être facilité pour les éleveurs de races à faible effectif. En effet, la généalogie des animaux enregistrée dans SIRE est disponible uniquement contre paiement. Cela pourrait évoluer mais cela reste aussi incertain que le développement par l'IFCE d'un outil en ligne calculant le taux de consanguinité d'un éventuel produit.

Le nouveau plan se démarque du précédent avec l'abandon du schéma rotatif. Il est composé de plusieurs volets et est renforcé par des incitations financières.

III-2 Détail

III-2-1 Familles d'étalons

III-2-1-a Construction des familles

Méthode

Les nouvelles familles ont été construites uniquement par regroupement des reproducteurs (fichier 3) selon leurs coefficients de parenté. L'homogénéité des effectifs n'a pas été recherchée car elle introduit un biais dans le rapprochement des étalons.

Pour les étalons, il a été montré que les familles actuelles (**tableaux 10 et 12**) étaient relativement cohérentes. Elles pouvaient donc servir de bases pour la construction de nouvelles familles. Ainsi, les éleveurs ne perdront pas tous leurs repères. Les nouvelles familles ont donc été construites à partir des 7 familles d'étalons mulassiers et des 6 familles d'étalons baudets existantes. Les étalons concernés sont ceux du plan d'accouplement 2011, soit 44 chevaux (les parentés n'étant pas disponibles pour un des étalons du plan 2011) et 99 baudets (l'un d'eux étant mort depuis l'édition du plan 2011).

Pour chaque reproducteur mâle, la moyenne par famille des coefficients de parenté avec les autres étalons permet de voir si l'individu est dans la bonne famille : chaque animal doit être placé dans la famille avec les étalons de laquelle il est le plus apparenté, sauf si les deux

moyennes les plus élevées sont très proches, auquel cas il peut aussi bien être affecté à la famille correspondant à la deuxième moyenne la plus élevée.

Après l'examen des parentés moyennes entre chaque étalon et les autres étalons des différentes familles, les étalons mal affectés ont été déplacés. Les moyennes ont ensuite été recalculées et les étalons à nouveau déplacés. L'opération a été renouvelée jusqu'à obtenir un résultat satisfaisant.
Une fois la nouvelle répartition des étalons validée, elle n'a plus été modifiée.

Enfin, les étalons non mentionnés dans le plan d'accouplement 2011 ont été affectés chacun dans une famille d'après leur parenté moyenne avec les étalons de chaque famille.

Les jeunes étalons qui seront présentés à l'approbation ont également été répartis dans les familles afin de disposer d'un critère supplémentaire : un étalon appartenant à une famille dont l'effectif est faible et dont les membres sont vieux pourrait éventuellement être favorisé par rapport à un étalon dont la famille comporterait des étalons jeunes et nombreux.

Concernant le nom des familles, la question s'est posée de leur modification. Cependant, il est désormais impossible de trouver un ancêtre spécifiquement lié à l'une ou l'autre des familles. Un nom plus neutre telle une couleur aurait pu être adopté mais aurait été moins facilement retenu qu'un nom déjà bien connu des éleveurs. Il a donc été décidé de garder les noms actuels des familles.

Familles d'étalons trait poitevin

Ont été déplacés 6 étalons sur 44, ce qui correspond à la modification de 4 familles sur 3. Les effectifs des différentes familles ont peu été modifiés (**tableau 13**).

Deux étalons disponibles en semence congelée ont été ajoutés respectivement dans les familles PREMIER MAI et LICK. Un troisième étalon non présent dans le plan d'accouplement 2011 a été affecté à la famille HARDY.

17 jeunes étalons présentés à l'approbation ont été potentiellement affectés dans 5 des 7 familles.

Familles d'étalons baudet du Poitou

Ont été déplacés 34 étalons sur 99, ce qui correspond à la modification de l'ensemble des familles (**tableau 14**). Une famille a du être ajoutée pour séparer deux sous groupes de la

famille GAULOIS. Il s'agit de la famille PRINCE, du nom d'un ancêtre très présent dans ce groupe de baudets.

Deux baudets non présents dans le plan d'accouplement 2011 ont été ajoutés aux étalons de la famille DIVISEUR et un troisième a été affecté à la famille PRINCE.

13 jeunes étalons présentés à l'approbation ont été potentiellement affectés dans 5 des 7 familles.

Discussion

Ces quelques modifications ont permis d'ajuster la composition des familles en tenant compte des ancêtres maternels des étalons, et surtout en supprimant les effets de répartition géographique et d'égalité des effectifs ayant associé à l'origine des étalons peu apparentés. C'est donc une amélioration qui concerne surtout les baudets puisqu'il y a eu peu de recompositions lors de la construction des familles d'étalons mulassiers.
En effet, pour les baudets, les parentés intra-familles ont été améliorées, ce qui n'est pas le cas pour les étalons mulassiers (**annexe 12**).

Les nouvelles familles de base obtenues semblent également cohérentes avec les coefficients de parenté deux à deux (**annexes 8 et 10**) .
Cependant, il reste difficile d'affirmer qu'il s'agit de la répartition optimale. En effet, il est impossible de tester toutes les combinaisons possibles. Pour cela, il faudrait utiliser un algorithme complexe qui reste à développer. Il faudrait également réajuster les familles à chaque nouvel étalon approuvé, ce qui n'apporterait rien par rapport à l'objectif de conservation du patrimoine génétique. De plus, tous les étalons sont apparentés entre eux et certains sont proches de plusieurs familles (**annexes 9 et 11**). Cette particularité sera mentionnée dans la liste des étalons par famille.

III-2-1-b Gestion des familles

Une attention constante doit être portée au renouvellement de ces familles. Dans l'idéal, chaque étalon devrait être remplacé par un de ses fils ou collatéraux.

Concrètement, ce processus peut être régulé de deux façons :

- Encourager les éleveurs à produire des poulains mâles d'un étalon donné et les conserver pour approbation, sachant qu'ils ne seront pas forcément affectés à la famille de leur père.
- Approuver préférentiellement les jeunes apparentés à une famille donnée tout en tenant compte des objectifs de sélection.

Dans les deux cas, l'ANR et le CREGENE sont chargés de la surveillance des familles et d'alerter les acteurs concernés afin d'agir sur un de ces deux leviers. Ils ne devraient être amenés à intervenir que dans des cas urgents, par exemple si un étalon amorce ses dernières saisons de monte sans avoir de remplaçant.

Le travail de ces organismes sera également de calculer la parenté de tout nouvel étalon ou de tout candidat à l'approbation avec les autres reproducteurs afin de déterminer la famille dans laquelle il doit être affecté. Ce calcul sera effectué comme suit :

- repérage des coefficients de parentés deux à deux entre le nouvel étalon et tous les autres étalons des différentes familles
- calcul des parentés moyennes par famille entre le nouvel étalon et les autres étalons de chaque famille
- comparaison des moyennes et sélection de la famille pour laquelle la parenté moyenne calculée est la plus élevée.

III-2-2 Utilisation des étalons

III-2-2-a Approbation

Afin d'éviter de trop grandes inégalités d'utilisation des étalons, la Commission d'approbation doit continuer à n'approuver que les sujets correspondant aux objectifs de sélection, même si une plus grande souplesse pourra être appliquée dans l'optique du renouvellement des familles et de l'originalité génétique. Il serait également intéressant de prendre en compte la parenté des étalons avec l'ensemble du cheptel de femelles car, dans le cadre de la lutte contre la consanguinité, les étalons très apparentés aux femelles seront déconseillés.

Pour maintenir une certaines diversité, il lui faudra veiller à la stabilité du nombre de reproducteurs mâles. L'augmentation du nombre d'étalon serait toutefois favorable à l'amélioration de la variabilité génétique tandis qu'une diminution est à éviter absolument.
Le projet de pépinière pour les étalons trait poitevin est une bonne piste pour augmenter le nombre de bons mâles susceptibles d'être présentés à l'approbation.

Certains étalons présentant des problèmes de fertilité, il serait intéressant de pouvoir procéder à des analyses de sperme avant toute approbation, car il est dommage de conserver un étalon à problèmes qui n'aura presque pas de produits tandis qu'un autre légèrement moins bon mais plus fertile est mis au rebut. Cependant, il est impossible de tester tous les jeunes mâles avant leur présentation à l'approbation car il faudrait les déplacer jusqu'à un centre technique où ils seraient prélevés pour évaluation, avec un protocole sur plusieurs jours.

III-2-2-b Promotion des étalons

Les étalons les moins connus devront être mis en avant, notamment dans le catalogue des étalons. Un encart pourrait également leur être consacré dans le bulletin d'information destiné aux éleveurs, sur le site Internet ou encore dans le document papier envoyé avant la saison de monte, qui pourra encore être appelé « plan d'accouplement ».

III-2-2-c Insémination artificielle

Certains étalons sont difficiles d'accès par leur localisation géographique. Ce problème pourrait être réglé avec le développement de l'insémination artificielle. Pour le baudet du Poitou, l'insémination en congelé donne très peu de résultats, il ne pourra donc s'agir que d'insémination en frais transporté. Pour le trait poitevin mulassier, les deux sont possibles.
Afin de relancer l'utilisation de l'insémination artificielle, l'ANR pourrait prendre en charge la gestion des semences. Un prestataire serait chargé du prélèvement, en centre agréé ou à domicile suivant la zone. La semence fraiche pouvant être transportée en réfrigéré sous 12 heures voire 24 dans le meilleur des cas, il est possible de fournir quasiment toute la zone d'élevage, y compris hors berceau, ce qui est le plus intéressant. En ce qui concerne le congelé, l'ANR pourrait bénéficier d'une cuve à azote fournie par les ex-Haras nationaux. Dans le cas contraire, elle pourrait acquérir ce matériel moyennant un investissement de 500 à 800 €. Le coût de la congélation est cependant très élevé car il comprend des frais d'analyse sanitaire.

III-2-2-d Nombre de saillies et renouvellement

Certains étalons atteignent un nombre de produits impressionnant, et cela même en cours de carrière.
Afin de limiter le déséquilibre de production entre étalons, il est possible de faire diminuer le nombre de saillies annuel d'un étalon public en le stationnant hors berceau. Cette décision devra être prise en fonction :

- Du nombre de saillies annuel de l'étalon
- De son nombre de produits vivants
- De son nombre de produits approuvés en activité

Pour les étalons privés, il est impossible de limiter le nombre de saillies, d'autant plus que les concernés sont souvent de bons animaux.
Ces mesures seraient d'autant plus favorables que ces étalons ont souvent des carrières longues et continuent à produire même lorsque leurs fils approuvés commencent à saillir. Or, la diversité génétique est favorisée par un renouvellement rapide des reproducteurs mâles.

III-2-3 Gestion des individus «originaux»

III-2-3-a Identification

Un individu peut être considéré comme «original» s'il est peu apparenté au reste de la population actuelle de sa race ou s'il est peu apparenté aux ancêtres majeurs de cette population.
Afin de repérer ces animaux, un coefficient d'originalité a été calculé suivant la formule utilisée chez les ânes grand noir du Berry (Moyse, 2007) :
$I_{OG} = \sum_{AM}(\Phi_{BAM}.c_{AM})$
Avec :
AM un ancêtre majeur
Φ_{BAM} le coefficient de parenté entre l'individu considéré et l'ancêtre AM
q_{AM} la contribution génétique marginale de l'ancêtre AM dans la population de référence (animaux nés entre2004 et 2008)

Les coefficients Φ_{BAM} ont été calculés à l'aide du logiciel Pedig pour tous les reproducteurs et futurs reproducteurs (fichier 3). Les ancêtres majeurs AM considérés sont les 20 premiers ancêtres majeurs de la population de référence (fichier 2) dont les contributions ont été calculées précédemment.

Avec cette formule, plus le coefficient est faible, plus l'individu est « original ».

III-2-3-b Mesures financières

Principe

Afin d'inciter les éleveurs à perpétuer et améliorer les lignées de leurs animaux «originaux», une aide financière doit être mise en place. Elle compensera les efforts consentis par les propriétaires. Elle devra favoriser les accouplements entre des animaux « originaux » et des animaux « améliorateurs » mais aussi la conservation des poulains mâles issus de ces saillies et leur présentation aux concours de modèles et allures. Elle pourra se diviser en deux volets :

- Financement des saillies de bonnes juments par des étalons « originaux » et financement des saillies de juments « originales » par de bons étalons
- Prime versée aux meilleurs poulains mâles issus de ces accouplements et présentés en concours à 2 ans.

Animaux « originaux » concernés

Il ne suffit pas de choisir les étalons ayant les coefficients d'originalité les plus faibles. En effet, il serait inutile de financer un étalon qui, bien qu'original, serait déjà très prisé par les éleveurs et aurait déjà un grand nombre de produits, ou encore un reproducteur à la retraite n'effectuant presque plus de saillies. De même, il n'est pas possible de mettre en place cette incitation pour des étalons hors berceau s'ils ne sont pas disponibles en insémination artificielle. Il faut donc établir une sélection parmi les étalons les plus originaux. Ainsi, les étalons stationnés à l'étranger seront exclus de la mesure, de même que les étalons à la retraite. Parmi les étalons restant, les 20% les plus « originaux » seront repérés et seuls ceux ayant moins d'une vingtaine de produits en race pure ou n'ayant pas de fils approuvé seront concernés par l'aide (**annexe 14**).

En ce qui concerne les femelles, une telle restriction n'est pas nécessaire. Ce sont donc les 20% les plus « originales» parmi les femelles nées avant 2010 qui pourront être concernées par cette mesure (**annexe 14**). Dans le cas des ânesses, seules les femelles du livre A seront prises en compte. En effet, dans le cadre du croisement d'absorption, plusieurs génération d'ânesses croisées coexistent. Comme elles correspondent à différents stades d'absorption, les premières générations seront forcément plus « originales » que les suivantes.

« Bons » reproducteurs concernés

Seront considérés comme « bons » reproducteurs les 20% meilleurs reproducteurs. Pour les femelles, les meilleures seront choisies parmi celles ayant été présentées en concours d'élevage chaque année, en fonction de la note obtenue. Dans le cas des ânesses, seront distinguées les 20% meilleures des femelles du livre A et les 20% meilleures du livre B (**annexe 15**).
Pour les étalons, très peu sont présentés en concours. Il serait donc intéressant de réunir chaque année la commission du stud-book afin d'établir la liste des étalons « améliorateurs ». Pour exemple dans cette étude, les étalons considérés comme les meilleurs seront les 20% ayant obtenu les meilleures notes lors des concours d'élevage de 2011 (**annexe 15**).

Le chiffre de 20% a été choisi car il permet d'obtenir un nombre d'animaux raisonnable (**tableau 15**). Il correspond également aux classes d'originalité et de notes les plus élevées et les moins représentées dans la population.

III-2-4 Consanguinité

III-2-4-a Parenté proche

Il doit être rappelé aux éleveurs que les juments et ânesses ne doivent pas être saillies par leurs frères, cousins, pères, oncles et grands-pères.
Depuis deux ans, l'association fournit aux éleveurs, à travers le pan d'accouplement, les ancêtres sur deux générations de tous les étalons. D'autre part, chaque propriétaire de jument ou ânesse dispose de son certificat d'origine, où figurent également deux générations d'ancêtres ainsi que les arrières grands-pères.
Dans l'idéal, il faudrait veiller à ce que les animaux accouplés n'aient pas d'ancêtre commun dans les trois premières générations ou plus. Il serait donc intéressant que l'ANR puisse leur fournir les arbres généalogiques des femelles inscrites au programme d'élevage. Le nombre de générations figurant dans la liste des étalons sera désormais de 3.
Actuellement, les pedigrees jusqu'à cinq générations sont disponibles sur le site Internet de l'IFCE, à partir de la base SIRE. Cependant, il s'agit d'un service payant qui pourrait devenir gratuit pour les races à faible effectif.

III-2-4-b Gestion par les coefficients de parenté

L'INRA peut fournir les coefficients de parenté entre tous les animaux mis à la reproduction. L'association nationale de race et le CREGENE seront chargés de mettre en forme ces données afin de les diffuser aux éleveurs.
Ont été calculés, à l'occasion de cette étude, les coefficients de parenté entre tous les étalons approuvés et les jeunes mâles nés entre 2008 et 2011 d'une part, et toutes les femelles nées entre 1990 et 2007 non mortes et ayant déjà été saillies plus les femelles nées entre 2008 et 2011 d'autre part (fichier 3). Cela représente 118420 possibilités d'accouplements de chevaux et 306527 possibilités pour les baudets.
Il faudra compléter la matrice chaque année avec les nouveaux animaux et éventuellement ajouter quelques femelles n'ayant jamais été saillies.

Chaque éleveur recevra les recommandations correspondant aux femelles qu'il aura inscrites au programme d'élevage. L'information sera présentée sous forme de catégories d'étalons :

- Recommandé -> coefficient inférieur à 3,13 (environ 5% des accouplements possibles)
- Acceptable -> coefficient compris entre 3,13 et 6,25 (environ 40% des accouplements possibles)
- Plutôt déconseillé -> coefficient compris entre 6,25 et 12,5 (environ 50% des accouplements possibles)
- Fortement déconseillé -> coefficient supérieur à 12,5 (environ 5% des accouplements possibles).

III-3 Documents fournis à l'éleveur

III-3-1 Textes introductifs

III-3-1-a Rappels sur la consanguinité

Les éleveurs n'ont pas toujours conscience de tous les risques liés à la consanguinité, notamment ceux qui ne les concernent pas directement tels que les enjeux à long terme pour l'ensemble de la race.
De plus, les accouplements consanguins sont encore considérés, dans le monde du cheval, comme un outil permettant de fixer certaines caractéristiques avantageuses dans une lignée. Cette pratique est bien connue dans le monde des courses et ceux qui l'utilisent sont prêts à prendre des risques dans l'espoir d'obtenir un bon produit.
Pourtant, ils connaissent tous des exemples de poulains non viables ou tarés issus de tels accouplements et sont d'accord pour relier à la consanguinité certains problèmes récurrents comme les problèmes de fertilité et de « pattes à jus ».

Il est donc utile :

- de faire un bref rappel sur les principaux risques liés à la consanguinité en général, qui sont la diminution de la capacité adaptative et du potentiel de sélection de la race, la fixation de tares parfois létales et la détérioration des performances zootechniques telles que la fertilité des animaux, à mettre en lien avec les problèmes rencontrés dans leurs races

- de présenter quelques résultats illustrant la situation préoccupante de leurs races, incluant la proportion de produits consanguins en 2010 et l'évolution des taux de consanguinité moyens, le nombre d'ancêtres majeurs à l'origine de la quasi-totalité des gènes de la population et le constat d'un lien de parenté entre la quasi-totalité des animaux nés ces dernières années.

Ces informations (**annexe 16**) pourront être diffusées via le bulletin de liaison, afin de ne pas surcharger le document correspondant au « plan d'accouplement ».

III-3-1-b Introduction du nouveau plan

Le plan d'accouplement précédent est en vigueur depuis une dizaine d'années. Les adhérents le connaissent, pour la plupart et le système de familles commence à être bien ancré. D'autre part, si ce plan a été peu suivi, c'est en partie parce qu'il n'était pas jugé comme totalement fiable.

Il convient donc :

- de justifier l'abandon du schéma rotatif par la mise en évidence de ses points faibles (problèmes d'application et d'affectation des femelles issues d'accouplements hors plan), de son très faible taux de respect et de l'absence d'effets visibles au niveau des taux de consanguinité
- d'expliquer en quoi le nouveau plan serait plus fiable (gestion individuelle des femelles, raisonnement directement basé sur les coefficients de parenté, prise en compte des individus originaux) et plus facile à appliquer (fonctionnement plus souple, aides financières)
- d'en introduire le principe et les différents volets.

Cette partie (**annexe 16**) pourra également être diffusée en dehors du document annuel relatif au plan d'accouplement.

III-3-2 Plan d'accouplement

III-3-2-a Règles simples et mode d'emploi

Les premiers conseils d'accouplement qui doivent figurer dans le document sont les règles concernant la parenté proche : ne pas faire saillir une femelle par un de ses frères, père, oncles, cousins, grands-pères. Il sera rappelé aux éleveurs où trouver ces informations : certificat d'origine, liste des étalons, catalogue des étalons, service payant de l'IFCE en ligne (**annexe 17**).
Pour un raisonnement plus poussé, les éleveurs seront invités à suivre les recommandations individuelles proposées dans la suite du document.

III-3-2-b Liste des étalons

Une liste des étalons par famille (exemple des étalons mulassiers de la famille RESEDA en **annexe 18**) permettra de détailler l'offre en étalons. Elle présentera différentes informations sur chaque étalon dont certaines déjà présentes dans le plan d'accouplement 2011 :

- Nom de l'étalon
- Parents et grands-parents, plus les arrières grands parents
- Nombre de produits en race pure dont fils approuvés
- Coefficient d'originalité
- Coordonnées de l'étalonnier
- Informations complémentaires relatives aux conditions de saillie, tarifs.

Cette liste par famille permettra également aux éleveurs de prévoir le renouvellement des familles.

III-3-2-c Conseils d'accouplement

Chaque éleveur aura à sa disposition, pour chacune de ses femelles inscrite au programme d'élevage, un tableau regroupant les étalons par catégorie en fonction de leur parenté avec la jument ou l'ânesse (exemple des ânesses de la SABAUD en **annexe 19**).
Les étalons originaux seront repérables par une mise en forme différente.
Quant-aux étalons déjà ancêtres majeurs de la race, ils ne seront pas conseillés : si leur parenté avec la femelle est très faible, ils seront rétrogradés d'une catégorie afin de ne pas encourager encore plus leur utilisation. Parmi les étalons actuellement en activité, seuls le trait poitevin JOKER est concerné.

Ainsi, l'éleveur conserve toute la liberté sur le choix de ses étalons mais est informé de l'impact qu'aura sa décision sur la consanguinité du produit à venir.

III-4 Limites et perspectives

III-4-1 Considérations génétiques

Tout comme le précédent, le nouveau plan repose sur l'analyse des généalogies. Cela veut dire qu'il se base non pas sur l'étude des gènes et de la transmission des allèles mais sur les relations de parenté entre les animaux, telles qu'elles sont enregistrées dans la base SIRE.

Or, il a déjà été souligné, d'une part, que l'information stockée dans cette base de données est forcément incomplète et parfois erronée.

D'autre part, elle ne rend pas compte de ce qui se passe réellement au niveau génomique. La relation entre génome et généalogie est appréhendée grâce à des lois statistiques simplifiées qui n'aboutissent qu'à des conclusions hypothétiques. De même, dans ce modèle, seul un gène pris au hasard est considéré. De plus, les phénomènes de mutation ne sont pas pris en compte, non plus que les phénomènes naturels de fixation et perte de gènes au fil des générations.

Cette image de la variabilité génétique, fournie par l'analyse généalogique à partir de la base SIRE, ne correspond donc pas à la réalité dont la modélisation ne prend pas en compte toute la complexité. Il faut avoir conscience :

- que les taux de consanguinité et de parenté sont certainement sous-estimés puisque les liens de parenté entre les animaux les plus anciens ne sont pas connus
- que les coefficients de parenté ne reflètent pas forcément la proximité génétique
- que des génomes très différents peuvent coexister au sein d'un groupe d'individus apparentés réunis en une famille
- qu'un allèle rare peut aussi être présent chez un individu très consanguin ou très peu original

- qu'un certain nombre d'allèles ne sont jamais transmis par les parents, à moins que ces derniers n'aient une descendance infinie.

C'est pourquoi le plan qui a été présenté ne peut avoir comme ambition l'évolution parfaite de la population du point de vue de sa diversité génétique mais seulement la préservation d'un certain patrimoine génétique et une limitation de la consanguinité.

III-4-2 Résultats attendus

L'objectif de ce nouveau plan est de limiter l'uniformisation de la population et la perte de variabilité génétique. Il devrait notamment permettre de diminuer la proportion d'animaux consanguins et le taux de consanguinité moyen des deux races tout en assurant la transmission de l'ensemble du patrimoine génétique par l'utilisation raisonnée de tous les reproducteurs.

Cependant, il n'existe pas de système identique dans le monde des races à faible effectif. Il est donc impossible de prévoir les effets du plan d'après des expériences précédentes, même si certaines mesures du plan sont appliquées dans d'autres races. Il n'est pas non plus possible de prévoir l'accueil qui en sera fait par les éleveurs et la façon dont ils se l'approprieront. Le nouveau plan est donc un essai d'amélioration du dispositif, dont l'efficacité devra être évaluée.

De plus, il existe actuellement beaucoup d'incertitudes quant au contexte dans lequel le plan devra être mis en place : diminution des subventions, reprise des étalons nationaux, création d'une pépinière … Le plan devra donc subir certaines adaptations en fonction des possibilités. Par ailleurs, comme il a été constaté avec le plan précédant, certaines idées qu'il serait intéressant d'appliquer ne peuvent l'être dans la pratique.

Enfin, il faut bien comprendre que ces quelques mesures ne peuvent pas suffire à la sauvegarde du patrimoine génétique de ces deux races. Elles s'inscrivent dans un tout et doivent s'intégrer dans le programme d'élevage. En effet, si par exemple les éleveurs ne trouvent plus de débouché pour leurs animaux ou rencontrent trop de difficultés, ils vont cesser de produire dans la race, l'effectif va à nouveau diminuer et la variabilité génétique sera à nouveau très réduite. Le succès du plan dépend donc également de l'ouverture de nouveaux débouchés et de l'amélioration de la condition d'éleveur.

III-4-3 Mise en application du plan

Le plan nouveau plan pourra être appliqué dès 2012.

III-4-3-a Mise à jour

Une mise à jour devra être réalisée chaque année afin de tenir compte des nouveaux étalons approuvés et des nouvelles juments et ânesses en âge de reproduire. Ainsi devront être établis :

- les coefficients d'originalité de tous les nouveaux animaux du plan, à partir de leurs coefficients de parenté avec les 20 premiers ancêtres majeurs de la population
- la parenté moyenne de chaque nouvel étalon approuvé avec les étalons des différentes familles afin de les intégrer à l'une d'entre elles
- les recommandations d'accouplement à partir des coefficients de parenté entre chaque animal et les reproducteurs de sexe opposé.

Ce travail sera réalisé par l'ANR et par le CREGENE, à partir des coefficients de parenté fournis par l'INRA. Les calculs de parenté ont déjà été faits pour les jeunes animaux nés en 2009 et 2010. A partir de 2011, ils devront être établis dès la fin des inscriptions dans SIRE pour tous les animaux nés en cours d'année, sauf les baudets mâles du livre B qui ne sont pas reproducteurs. Ainsi, les coefficients seront fournis plusieurs années à l'avance, ce qui laissera tout le temps de les analyser avant que les jeunes reproducteurs arrivent sur le marché. Cela permettra également de repérer de jeunes mâles intéressants à conserver comme étalons.

Les ancêtres majeurs des deux populations sont identifiés à partir de la population des reproducteurs potentiels, c'est-à-dire les animaux âgés de 3 à 7 ans. Or, cette population évolue continuellement. Il sera donc nécessaire de recalculer les contributions génétiques de ces ancêtres afin de prendre en compte cette évolution. Si un nouvel ancêtre majeur apparaît dans les 20 premiers, il faudra alors également calculer sa parenté avec chaque animal du plan et refaire les calculs d'originalité pour chaque reproducteur. Comme les contributions des principaux ancêtres évoluent très peu d'une année sur l'autre, ce calcul ne sera pas nécessaire avant au moins 5 ans.

Enfin, si une nouvelle mise à jour des généalogies a lieu au niveau de la base SIRE, il faudra refaire tous les calculs de détermination des ancêtres majeurs et tous les calculs de parenté entre reproducteurs.

Dans le cas où l'IFCE concrétiserait son projet d'outil en ligne indiquant le coefficient de consanguinité d'un éventuel produit et le mette gratuitement à disposition des éleveurs, le travail à fournir par l'ANR serait considérablement réduit.

III-4-3-b Gestion des étalons collectifs

Certaines opérations de contrôle sont impossibles à garantir sur des étalons privés :

- achat ciblé d'étalons « originaux » ou appartenant à certaines familles
- contrôle du nombre de saillies
- analyse de sperme et congélation systématique des semences.

Il est donc nécessaire que le principe des étalons collectifs soit conservé. Les étalons nationaux auparavant détenus par l'Etat, ou étalons publics étant voués à disparaître, l'ANR

devra trouver les moyens de perpétuer la gestion de reproducteurs à titre collectif. Un financement public permettrait l'achat et l'entretien de ces étalons.

III-4-3-c Suivi de la variabilité génétique

Afin d'évaluer l'efficacité du plan, un bilan devra être réalisé au bout de quelques années.

Un premier bilan pourra être réalisé à court terme afin de recueillir le ressenti des éleveurs et vérifier qu'il n'y a pas d'effets indésirables immédiats. Il pourra s'agir d'une enquête auprès des éleveurs complétée par une analyse généalogique de la consanguinité au bout de 5 années de fonctionnement. Avant ce délai, il est inutile de chercher à évaluer un plan qui n'aura pas eu le temps d'être mis en route.

A plus long terme, si le plan est conservé, son efficacité pourra être évaluée au bout de 10 ans par un nouveau bilan.

CONCLUSION GENERALE

Le trait poitevin mulassier et le baudet du Poitou sont deux races à la population relativement consanguine. Il n'est pas possible de revenir sur un siècle de sélection mais il semblerait que les efforts récemment mis en œuvre, tels que la mise en place du plan d'accouplement rotatif, aient permis de limiter l'aggravation de la situation.

Aujourd'hui, il s'agit de poursuivre cette démarche avec la révision du plan d'accouplement. Une nouvelle méthode permettra de relancer le processus amorcé il y a quelques années tout en élargissant son champ d'action.

Il est bien évident que les outils utilisables par l'organisme de sélection ne sont pas infaillibles et que les résultats que permettra d'obtenir le nouveau plan sont encore inconnus. C'est une incertitude inévitable liée à l'utilisation des généalogies et à la complexité de la problématique qui n'est pas simplement un problème mathématique mais comprend également des enjeux économiques et sociaux.

Enfin, il est complexe de traiter conjointement le problème de la variabilité génétique et celui du progrès génétique, qui est pourtant essentiel. C'est un paradoxe d'autant plus insolvable dans les races à faible effectifs qu'il est impossible d'utiliser l'indexation des reproducteurs. Le juste milieu entre sélection et conservation est donc bien difficile à trouver.

Cependant, la recherche est encore et toujours en perpétuel avancement. De nouvelles connaissances, de nouveaux outils apparaissent, qui pourront dans un futur proche ou lointain inspirer de nouveaux principes de gestion pour la variabilité génétique. Il est important de tenir compte de cette évolution et de toujours chercher de meilleures solutions que celles qui sont mises en place. C'est pourquoi il est probable que le nouveau plan d'accouplement élaboré dans cette étude, s'il est mis en place, soit très vite à son tour réformé, pour une meilleure gestion du patrimoine génétique des races mulassières.

LISTE DES ABREVIATIONS

ACP : Analyse en composantes Principales

ACTIVIA : ACcouplements Testés pour l'Intégration de la Variabilité en Insémination Animale

AFC : Analyse Factorielle des Correspondances

ANR : Association Nationale de Race

BDP : Baudet du Poitou

BLUP : Best Linear Unbiased Prediction

CREGENE : Conservatoire des REssources GENEtiques du Centre Ouest Atlantique

ENE : Ecole Nationale d'Equitation

FNAM : Fédération Nationale Âne et Mulet

IA : Insémination Artificielle (Animale)

IFCE : Institut Français du Cheval et de l'Equitation

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

NIG : Note d'Intérêt Génétique

OS : Organisme de Sélection

RGPP : Révision Générale des Politiques Publiques

UPRA : Union Nationale de sélection et de Promotion de Race

SABAUD : Association pour la Sauvegarde du BAUDet du Poitou

SIRE : Système d'Information Relatif aux Equidés

TPM : Trait poitevin mulassier

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Association Nationale Poney Landais, 2010. Plan d'action pour la sauvegarde et le développement du poney landais 2010. 10 p.

Audiot A., 1977. Le baudet du Poitou et la production mulassière en 1977. Mémoire de fin d'Etudes de l'Ecole Supérieure d'Agriculture de Purpan, 129 p.

Ayrault E., 1867. De l'industrie mulassière en Poitou. Librairie agricole de la maison rustique, Paris, France. 201 p.

Bertoni C., 2000. Contribution sur le plan génétique à la sauvegarde du baudet du Poitou. Mémoire d'Ingénieur des Travaux Agricoles de Bordeaux, 78 p.

Boichard D., 2002. Pedig : a FORTRAN package for pedigree analysis suited to large populations. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier. p. 28-13.

Boichard D., Maignel L., Verrier E., 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. Genetic Selection Evolution, 29, p. 5-23.

Bömcke E., Gengler N., Cothran E.G., 2010. Genetic variability in the Skyros pony and its relationship with other Greek and foreign horse breeds. Genetics and Molecular Biology, 34(1), p. 68-78.

Bremondy X., 2006. Les plans d'accouplements des races mulassières. Quelles sont leurs améliorations possibles ? Est-il nécessaire de les conserver ? Rapport de stage du Brevet de Technicien Supérieur Agricole de l'IREO les Herbiers de la Chesnaie . 38 p.

Chavrot E., Pocachard M., Joly T., 1995. Conservation *in situ* d'une population ovine à petits effectifs : la grivette. 2èmes Rencontres Recherches Ruminants, Paris, France, p. 200.

Colleau J.J., Moureaux S., 2006. Gestion optimisée de la parenté et de la consanguinité dans les programmes de sélection des bovins laitiers. INRA Productions Animales, 19(1), p. 3-14.

Colleau J.J., Quéméré P., Larroque H., Sergent J., Wagner C., 2002. Gestion génétique de la race bovine bretonne pie-noire : bilan et perspectives. INRA Productions Animales, 15(3), p. 221-230.

Colleau J.J., Tribout T., 2006. Gestion optimisée de la variabilité génétique dans les populations porcines sélectionnées. INRA Productions Animales, 19(5), P. 339-346.

Colleau J.J., Tual K., de Preaumont H., Regaldo D., 2008. ACTIVIA : une méthode d'accouplement à objectifs multiples pour bovins laitiers. 15èmes Rencontres Recherches Ruminants, Paris, France, p. 411.

Cothran E.G., Santos S.A., Mazza M.C.M., Lear T.L., Sereno J.R.B., 1998. Genetics of the pantaneiro horse of the Pantanal region of Brazil. Genetics and Molecular Biology, 21(3), p. 343-349.

Cothran E.G., Luis C., 2004. Genetic distance as a tool in the conservation of rare horse breeds. 55th Annual Meeting EAAP, Bled, Slovenia. 24 p.

Courtois R., 2002. Le cheval poitevin : un marqueur des relations home-espace de 1800 à aujourd'hui. Mémoire de maîtrise de géographie de l'Université de Poitiers. 155 p.

Danvy S., 2010. Les outils de diversité génétique. Présentation IFCE. 10 diapositives.

De Rochambeau H., 1983. Gestion génétique des populations d'effectif limité. Aspects méthodologiques et application aux races domestiques. Thèse de Docteur-Ingénieur de l'INA-Paris-Grignon, 210 p.

De Rochambeau H., Perrin M., 2000. Gestion d'une population d'animaux domestiques en l'absence de généalogie. 7èmes Rencontres Recherches Ruminants, Paris, France, p. 157-160.

De Rochambeau H., Vu Tien Khang, Bertomeu C., 1998. Etude démographique et génétique du cheval breton : gestion de la variabilité génétique. 24ème Journée de la Recherche Equine, Paris, France, p. 147-155.

Département de la Vendée Conseil général, 1885. Rapport du préfet et procès-verbaux des délibérations. Vve E. Ivonnet imprimeur, La Roche-sur-Yon, 105-108.

Delaunay I., Merour I., 2006. Gestion de la variabilité génétique au sein des populations collectives porcines : nouveaux outils et premières actions. Journées de la Recherche Porcine, Paris, France, 38, p. 137-142.

Djellali A., Vu Tien Khang, J., De Rochambeau, H., Verrier, E., 1994, Bilan génétique des programmes de conservation des races ovines solognote et mérinos Précoce. Genetic Selection Evolution, 26, Suppl 1, p. 255-265.

Dubois C., 2007. Modélisation des programmes de sélection dans l'élevage du cheval de sport français. Thèse de Docteur d'AgroParisTech, 282 p.

Espaces Naturels RégionauX Nord-Pas de Calais, Centre Régional de Ressources Génétiques, 2010. Gestion génétique de la race boulonnaise. Dans : Annuaire des étalons boulonnais. 20ème édition. p. 6-7.

Gaillard M., 2011. La reproduction chez le trait poitevin mulassier par la voie femelle. Quelles sont les voies d'amélioration de la fertilité des juments trait poitevin mulassier ? Rapport de stage du Brevet de Technicien Supérieur Agricole du Lycée Agricole J. Bujault de Melle, 42 p.

Garreau H., Duzert R., Tudela F., Baillot C., Ruesche J., Grauby G., Lille-Larroucau C., De Rochambeau H., 2005. Gestion et sélection de la souche INRA 1777 : Résultats de trois générations de sélection. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole. Paris, France, p. 19-22.

Grip S., 2010. La consanguinité chez le baudet du Poitou. Dans quelles mesures peut-on éviter la consanguinité afin de conserver la variabilité génétique de la population du baudet du Poitou ? Rapport de stage du Brevet de Technicien Supérieur Agricole du Lycée Agricole J. Bujault de Melle, 42 p.

Gutiérrez J.P., Cervantes I., Goyache F., 2009. Improving the estimation of realized effective population sizes in farm animals. Journal of Animal Breeding and Genetics, 126, p. 327-332.

Husson F., Josse J., Lê S., 2008. FactoMineR : An R Package for Multivariate Analysis. Journal of Statistical Software. 25(1). p. 1-18.

Lauvie A., 2007. Gérer les populations animales locales à petits effectifs : approche de la diversité des dispositifs mis en œuvre. Thèse de Docteur d'AgroParisTech, 377 p.

Lecampion O., 2010. Etude sur les pattes à jus. Dans Races Mulassières du Poitou, bulletin n°35. p.8.

Luis C., Cothran E.G., Oom M.M., 2007. Inbreeding and genetic structure in the endangered Sorraia horse breed : implications for its conservation and management. Journal of Heredity, 98(3), p. 232-237.

Malécot G., 1948. Les mathématiques de l'hérédité. Masson et Cie, Paris, France, 63 p.

Markey L., 2007. Analyse génétique de la population de traits poitevins mulassiers en 2007. 10 p.

Michel H., 2006. Etude génétique de la race de trait comtois et enquête auprès des éleveurs. Rapport de stage de l'Université de Tours. 39 p.

Moyse F., 2007. Etude génétique 2007 âne grand noir du Berry. Centre des Ressources Génétiques du Berry. 50 p.

Philippe M.A., 1994. Inventaire de la population de la race « baudet du Poitou ». La Ronde, Parc Naturel Régional du Marais Poitevin. 340 p.

R Development Core Team, 2011. R : A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Races mulassières du Poitou, 2011 a. Etalons approuvés à la monte, traits poitevins mulassiers. 19 p.

Races mulassières du Poitou, 2011 b. Etalons approuvés à la monte, baudets du Poitou. 28 p.

Races mulassières du Poitou, 2011 c. Livre généalogique des races mulassières du Poitou, 2ème supplément au n°17. 36 p.

Raoul J., Danchin-Burge C., De Rochambeau H., Verrier E., 2004. SAUVAGE, a software to manage a population with few pedigrees. 55th Annual Meeting EAAP, Bled, Slovenia.

Rousseaux E., 1994. Inventaire de la population du cheval « mulassier du Poitou ». La Ronde, Parc Naturel Régional du Marais Poitevin. 144 p.

Rousseaux E., 2001. Le baudet du Poitou et le cheval de trait poitevin. Geste éditions, France. 141 p.

Rousseaux E., 2008. A propos des origines du Trait Poitevin Mulassier. Sabots, 25, p13-18.

Sabbagh M., 2011. Analyse de la consanguinité chez 3 races de traits –trait comtois – cob normand – trait ardennais. Présentation IFCE. 17 diapositives.

Sairanen J., Nivola K., Katila T., Virtala A.M., Ojala M., 2009. Effects of inbreeding and other genetic components on equine fertility. Animal, 3(12), p. 1662-1672.

Schelling C., Hagger C., Pienkowska A., Siegfried J.P., Stranzinger G., 2002. Mikrosatellitenanalyse in einer Population von Baudet du Poitou-Eseln. Schweizer Archiv für Tierheilkunde, 144(8), p. 413-417.

Schraen P.H., 2010. Evaluation de la place économique et sociale des Races Mulassières du Poitou dans le Marais poitevin. Mémoire d'Ingénieur de l'ENITA de Bordeaux. 104 p.

Sonesson A.K., Meuwissen T.H.E., 2001. Minimization of rate of inbreeding for small populations with overlapping generations. Genetics Research, 77, p. 285-296.

Stud-book des Animaux Mulassiers du Poitou, 1948. Standard des espèces mulassières du Poitou. Dans Livre généalogique des animaux mulassiers du Poitou, 24ème supplément du n°14. p. 2.

Teegen R., Edel C., Thaller G., 2008. Population structure of the Trakehner horse breed. Animal, 3(1), p. 6-15.

Tellier, X., Lefaudeux, F., Tavernier, A., Verrier, E., Stievenard, R., Pourchet, B., 1993, Analyse de la structure génétique de la race boulonnaise et programme mis en place pour préserver sa variabilité, 19ème Journée de la Recherche Equine, Paris, France, p. 130-139.

Verrier E., 1992. La gestion des petites populations. INRA Productions Animales, hors série Génétique quantitative, p. 265-271.

Verrier E., Loywyck V., Donvez J., Blouin C., Joffrin C., Heyman G., Cottrant J.F., 2005. La gestion génétique des races d'effectifs limités : principes et application au cas du cheval de

trait boulonnais et de l'âne grand noir du Berry, 31ème Journée de la Recherche Equine, Paris, France, p. 161-171

Ressources en ligne

Association nationale des races mulassières du Poitou. Nos races. Disponible sur : www.racesmulassieresdupoitou.com, consulté le 16/05/11.

Institut Français du Cheval et de l'Equitation. Annuaire de la monte 2010. Disponible sur : http://www.haras-nationaux.fr/information/statistiques-et-economie/chiffres-de-lelevage.html, consulté le 04/08/11.

Institut Français du Cheval et de l'Equitation. Le SIRE. Disponible sur : www.haras-nationaux.fr/mieux-nous-connaitre/le-sire.html, consulté le 06/05/11.

Organisme de Sélection de la Race bovine vosgienne. Génétique. Disponible sur : www.racevosgienne.com, consulté le 22/04/11.

LISTE DES ANNEXES